

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

HILBERT BLUM

**CARACTERIZAÇÃO BIOGEOQUÍMICA DA SERAPILHEIRA E DE
SUBSTÂNCIAS HÚMICAS DO SOLO SOB PLANTIOS COM ESPÉCIES
FLORESTAIS NATIVAS E EXÓTICAS NO SUL DO BRASIL**

CURITIBA

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

HILBERT BLUM

**CARACTERIZAÇÃO BIOGEOQUÍMICA DA SERAPILHEIRA E DE
SUBSTÂNCIAS HÚMICAS DO SOLO SOB PLANTIOS COM ESPÉCIES
FLORESTAIS NATIVAS E EXÓTICAS NO SUL DO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração Conservação da Natureza, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Renato Marques

CURITIBA

2014

Ficha catalográfica elaborada por Denis Uezu – CRB 1720/PR
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Blum, Hilbert

Caracterização biogeoquímica da serapilheira e de substâncias húmicas do solo sob plantios com espécies florestais nativas e exóticas no sul do Brasil / Hilbert Blum. – 2014
120 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Renato Marques

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 07/01/2014.

Área de concentração: Conservação da Natureza

1. Solos florestais – Brasil, Sul. 2. Serapilheira. 3. Ciclo mineral (Biogeoquímica). 4. Teses. I. Marques, Renato. II. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. III. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.114(816)



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da
Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

PARECER

Defesa nº. 1005

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após argüir o(a) doutorando(a) *Hilbert Blum* em relação ao seu trabalho de tese intitulado "**CARACTERIZAÇÃO BIOGEOQUÍMICA DA SERAPILHEIRA E DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS DO SOLO SOB PLANTIOS COM ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS E EXÓTICAS NO SUL DO BRASIL**", é de parecer favorável à APROVAÇÃO do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em CONSERVAÇÃO DA NATUREZA.


Dr. Kátia Cyrene Lombardi

Universidade Estadual do Centro-Oeste - Unicentro
Primeiro examinador


Dr. Jeferson Dieckow

Universidade Federal do Paraná
Segundo examinador


Dr. Josiléia Acordi Zanatta

Embrapa Florestas
Terceiro examinador


Dr. Kelly Geromazzo Martins

Universidade Estadual do Centro-Oeste - Unicentro
Quarto examinador


Dr. Renato Marques

Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 07 de janeiro de 2014.


Antonio Carlos Batista

Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

Jorge Luis Monteiro de Matos

Vice-coordenador do curso

Aos meus pais, João e Gina que sempre me apoiaram e sem eles não teria seguido em frente; a minha irmã Viviane e meus familiares e amigos pelo apoio e especialmente a minha esposa Vanessa que sempre, ao meu lado, me incentivou e mostrou o caminho correto, com exemplo de humildade e esforço, batalhando ao meu lado em todos os momentos da nossa vida,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal pela oportunidade de desenvolvimento deste trabalho e enriquecimento científico e a CAPES pela bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Renato Marques, pelos momentos de trabalho e de descontração, pela amizade, confiança e fundamentais contribuições para a conclusão desta tese.

Aos professores do Programa de Ciências do Solo, que me adotaram nos laboratórios, e por quem tenho total gratidão, em especial ao Prof. Dr. Jeferson Dieckow e Prof. Dr. Volnei Pauletti.

Aos meus colegas da turma de 2010, Rodrigo Lima, Eduardo Adenesk e Enrique Orelanna, que desde o mestrado estiveram traçando o mesmo caminho. Aos meus “irmãos”, Giovanni, Jonas, Cristine, Fabiana, Bárbara, Daniel, Thiago, Elaine Vivian que de alguma forma ajudaram nessa caminhada, seja com coleta de campo ou com uma palavra amiga. À Kelly Geronazzo Martins, pelo apoio nas análises estatísticas.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, em especial ao Sr. Aldair e Sr^a Maria, que foram tutores nos procedimentos de laboratório.

Aos meus amigos que, mesmo distantes, Rafael, Mariana, Miller, Libna e Maria Cecília, que entraram em minha vida e fazem parte das minhas vitórias. Aos meus “cumpadis” Felipe e Lucieli que estão sempre perto em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais e familiares, que sempre me apoiaram. Agradeço mais que todos a minha esposa Vanessa, minha companheira, amiga e cúmplice. Obrigado por ser meu porto seguro, minha razão por estar buscando algo melhor e a quem dedico esse trabalho.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão desse trabalho.

Meu muito Obrigado!

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.” (José de Alencar).

SUMÁRIO

CAPÍTULO A: INTRODUÇÃO GERAL.....	7
A.1. INTRODUÇÃO.....	7
A.2. OBJETIVO GERAL.....	9
A.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
A.2.2 HIPÓTESES	9
A.3. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
A.3.1 ESPÉCIES FLORESTAIS	10
A.3.1.1 <i>Pinus taeda</i> L.	10
A.3.1.2 <i>Cryptomeria japonica</i> (L. f.) D. Don.....	11
A.3.1.3 <i>Castanea sativa</i> Mill.	11
A.3.1.4 <i>Eucalyptus saligna</i> Sm.	12
A.3.1.5 <i>Ocotea porosa</i> (Nees & Mart.) Barroso	13
A.3.1.6 <i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze.	13
A.3.2 BIOMASSA, FITOMASSA E SERAPILHEIRA.....	14
A.3.3 SERAPILHEIRA ACUMULADA	16
A.4. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO EXPERIMENTAL	17
A.4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO	17
A.4.2 TRATAMENTOS	18
A.4.3 ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO	18
A.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
CAPÍTULO B: FITOMASSA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SERAPILHEIRA ACUMULADA EM PLANTIOS COM DIFERENTES ESPÉCIES FLORESTAIS	24

1. INTRODUÇÃO	24
2. OBJETIVO GERAL	27
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 COLETA E CARACTERIZAÇÃO DAS FRAÇÕES ORGÂNICAS	27
3.2 ANÁLISE QUÍMICA DAS FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA.....	28
3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 FITOMASSA DA SERAPILHEIRA ACUMULADA.....	30
4.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SERAPILHEIRA.....	33
4.2.1 Nitrogênio da Serapilheira	33
4.2.2 Fósforo da serapilheira	34
4.2.3 Potássio na serapilheira	36
4.2.4 Cálcio da serapilheira	38
4.2.5 Magnésio da serapilheira.....	40
4.2.6 Carbono da serapilheira	41
4.2.7 Relação C/N da serapilheira.....	43
4.3 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCAs)	44
5. CONCLUSÕES.....	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
CAPÍTULO C: MINERALIZAÇÃO DO NITROGÊNIO DO SOLO, SOB PLANTIOS COM DIFERENTES ESPÉCIES FLORESTAIS EM RIO NEGRO, PR.....	
1. INTRODUÇÃO	55

2. OBJETIVO GERAL	58
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	58
3.1 ENSAIO DE MINERALIZAÇÃO	58
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1 MINERALIZAÇÃO DO NITROGÊNIO.....	61
5. CONCLUSÕES	67
6. LITERATURA CITADA.....	67
CAPÍTULO D: CARACTERIZAÇÃO ESPECTROSCÓPICA DE ÁCIDOS	
HÚMICOS FORMADOS EM SOLO SOB PLANTIOS FLORESTAIS	72
1. INTRODUÇÃO.....	72
2. OBJETIVO GERAL	75
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	75
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	75
3.1 AMOSTRAS DE SOLOS	75
3.2 EXTRAÇÃO DOS ÁCIDOS HÚMICOS	75
3.3 CARACTERIZAÇÃO ESPECTROCÓPICAS DOS AHs.....	76
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
5. CONCLUSÕES	82
APÊNDICES	85
APENDICE 1. ANOVA – COMPARAÇÃO DA FITOMASSA TOTAL ENTRE	
AS ÉPOCAS DE COLETAS PARA CADA ESPÉCIE.....	85
APENDICE 2. ANOVA – COMPARAÇÃO DA FITOMASSA DAS FRAÇÕES	
ENTRE AS ESPÉCIES	90

APENDICE 3. ANÁLISES DE COMPONENTES PRINCIPAIS POR FRAÇÃO DA SERAPILHEIRA.....	98
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Características químicas da fertilidade do solo na profundidade 0-5 cm nos plantios florestais.	18
Tabela 2 Fitomassa total da serapilheira acumulada de plantios florestais em diferentes épocas do ano em Rio Negro-PR.	30
Tabela 3 Fitomassa da serapilheira de diferentes plantios florestais coletadas no verão e inverno em Rio Negro-PR.	32
Tabela 4. Nitrogênio potencialmente mineralizável no solo sob diferentes espécies florestais, no inverno e no verão, em Rio Negro, PR.	63
Tabela 5. Parâmetros de número de spin/ g calculado através de espectros de EPR dos AH extraídos dos solos florestais.	79
Tabela 6. Teores de nitrogênio, carbono e relação C/N de ácidos húmicos extraídos de solos sob diferentes plantios florestais.	81
Tabela 7. Correlações entre o nitrogênio mineralizado (Nmin) e o nitrogênio total (N AH) e relação C/N (C/N AH) dos ácidos húmicos de solos florestais.	82

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Localização da Fazenda Experimental de Rio Negro em relação ao município e ao estado Paraná (autor, 2013). 18
- Figura 2 .Fracionamento da serapilheira de duas espécies florestais de Rio Negro-PR. Fonte: Autor (2013). 28
- Figura 3 Fitomassa das frações (horizontes) da serapilheira, coletadas em distintas épocas do ano, em plantios com diferentes espécies florestais em Rio Negro-PR. L: Folhas recém-depositadas (folhas novas); F :Folhas com algum estágio de decomposição; M: Miscelânea, todo material não identificável que passou na peneira de 9 mm; G:Galhos, frutos, cones (material mais lenhoso) ;R: Raízes..... 31
- Figura 4. Teores de Nitrogênio nas frações da serapilheira de diferentes espécies florestais coletadas em distintas épocas do ano. L: Folhas recém-depositadas (folhas novas); F :Folhas com algum estágio de decomposição; M: Miscelânea, todo material não identificável que passou na peneira de 9 mm; G:Galhos, frutos, cones (material mais lenhoso)..... 33
- Figura 5. Teores de P da serapilheira acumulada de diferentes espécies florestais coletadas no inverno e verão. L: Folhas recém-depositadas (folhas novas); F :Folhas com algum estágio de decomposição; M: Miscelânea, todo material não identificável que passou na peneira de 9 mm; G:Galhos, frutos, cones (material mais lenhoso)..... 35
- Figura 6 . Gráfico de comparação de médias da serapilheira de espécies florestais coletadas em diferentes épocas do ano para o elemento potássio. L: Folhas recém-depositadas (folhas novas); F :Folhas com algum estágio de decomposição; M: Miscelânea, todo material não identificável que passou na peneira de 9 mm; G:Galhos, frutos, cones (material mais lenhoso)..... 37
- Figura 7. Teores de Ca da serapilheira acumulada de diferentes espécies florestais coletadas no inverno e verão. L: Folhas recém-depositadas (folhas novas); F :Folhas com algum estágio de decomposição; M: Miscelânea, todo

material não identificável que passou na peneira de 9 mm; G:Galhos, frutos, cones (material mais lenhoso)..... 39

Figura 8. Teores de Mg da serapilheira acumulada de diferentes espécies florestais coletadas no inverno e verão. L: Folhas recém-depositadas (folhas novas); F :Folhas com algum estágio de decomposição; M: Miscelânea, todo material não identificável que passou na peneira de 9 mm; G:Galhos, frutos, cones (material mais lenhoso)..... 41

Figura 9. Teores de carbono total da serapilheira de diferentes espécies florestais coletadas no inverno e verão em Rio Negro-PR. L: Folhas recém-depositadas (folhas novas); F :Folhas com algum estágio de decomposição; M: Miscelânea, todo material não identificável que passou na peneira de 9 mm; G:Galhos, frutos, cones (material mais lenhoso)..... 42

Figura 10. Relação C/N da serapilheira acumulada de diferentes espécies florestais em coletas de verão e inverno em Rio Negro-PR. L: Folhas recém-depositadas (folhas novas); F :Folhas com algum estágio de decomposição; M: Miscelânea, todo material não identificável que passou na peneira de 9 mm; G:Galhos, frutos, cones (material mais lenhoso)..... 43

Figura 11. Análise de Componentes Principais da composição química, da fração L da serapilheira, de plantios florestais, em Rio Negro-PR. T1: *Eucalipto saligna*; T2:*Castanea sativa*; T3: *Pinus taeda*; T4: *Cryptomeria japonica*;T5: *Ocotea porosa*; T6: *Pinus taeda*;T7: *Araucaria angustifolia*. 45

Figura 12. Análise de Componentes Principais da composição química da fração F da serapilheira de plantios florestais em Rio Negro-PR. T1: *Eucalipto saligna*; T2:*Castanea sativa*; T3: *Pinus taeda*; T4: *Cryptomeria japonica*;T5: *Ocotea porosa*; T6: *Pinus taeda*;T7: *Araucaria angustifolia*. 46

Figura 13. Análise de Componentes Principais da composição química da fração M da serapilheira de plantios florestais em Rio Negro-PR. T1: *Eucalipto saligna*; T2:*Castanea sativa*; T3: *Pinus taeda*; T4: *Cryptomeria japonica*;T5: *Ocotea porosa*; T6: *Pinus taeda*;T7: *Araucaria angustifolia*. 47

Figura 14. Análise de Componentes Principais da composição química da fração G da serapilheira de plantios florestais em Rio Negro-PR. T1: <i>Eucalypto saligna</i> ; T2: <i>Castanea sativa</i> ; T3: <i>Pinus taeda</i> ; T4: <i>Cryptomeria japonica</i> ; T5: <i>Ocotea porosa</i> ; T6: <i>Pinus taeda</i> ; T7: <i>Araucaria angustifolia</i>	49
Figura 15. Ilustração do peneiramento e preparo das amostras de solo e de sua colocação em tubos contendo solução extratora de KCl 2 mol L ⁻¹ , para ensaio de mineralização anaeróbica em laboratório.....	59
Figura 16. Dinâmica de mineralização de N no solo sob diferentes espécies florestais das coletas de verão 2013.	61
Figura 17 Dinâmica de mineralização de N no solo sob diferentes espécies florestais das coletas de inverno 2013 (a) e inverno 2012 (b).	62
Figura 18. Nitrogênio mineral acumulado ao longo do período de 75 dias de incubação dos solos coletados sob diferentes espécies florestais, no verão de 2013.	65
Figura 19 Nitrogênio mineral acumulado ao longo do período de 75 dias de incubação dos solos coletados sob diferentes espécies florestais, inverno 2013 (a) e inverno 2012 (b).	66
Figura 20. Processo de acidificação realizado para purificação do AH de solos florestais.	76
Figura 21 (a) Espectros de EPR 500- 5000 G e (b) 2600-3800 G dos AH nos diferentes tratamentos para os solos em profundidade 0-5 cm. Fe ³⁺ ₍₁₎ refere-se ao Fe ³⁺ em domínios diluídos e Fe ³⁺ ₍₂₎ , ao presente em domínios concentrados.	77
Figura 22 Espectros de EPR de AH do solo do tratamento 1, correspondente ao Eucalypto, detalhando a interação do Cu ²⁺ -O e Cu ²⁺ -N.	78
Figura 23. Espectros de FTIR dos AH nos diferentes tratamentos, nas profundidades de 0 a 5 cm e de 5 a 10 cm.	80

RESUMO GERAL

A compreensão das relações solo-floresta é importante para subsidiar a manutenção da sustentabilidade florestal. Se, por um lado, as características do solo são responsáveis pela produção florestal; por outro lado, as diferentes espécies florestais podem contribuir de maneira diferenciada para o aporte de fitomassa e nutrientes sobre o solo. A matéria orgânica do solo (MOS) é relacionada diretamente ao material vegetal ou serapilheira que está sendo depositado e que se decompõe, fornecendo nutrientes ao solo e às plantas. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de plantios com diferentes espécies florestais no acúmulo e composição química da serapilheira, na mineralização do nitrogênio e nas características espectroscópicas de ácidos húmicos de solos sob esses plantios. A pesquisa foi realizada em área da Fazenda Experimental da UFPR, em Rio Negro-PR, onde foram selecionadas seis espécies florestais, plantadas em sete povoamentos, na ordem descrita a seguir: *Eucalyptus saligna* (T1), *Castanea sativa* (T2), *Pinus taeda* (T3), *Cryptomeria japonica* (T4), *Ocotea porosa* (T5), *Pinus taeda* (T6) e *Araucaria angustifolia* (T7). Para caracterizar a fitomassa sobre o solo e os nutrientes nela presentes, foi coletado material de serapilheira acumulada das espécies florestais, no inverno e verão. Nos mesmos pontos de amostragem, foi coletado solo para os ensaios de mineralização do nitrogênio e para a extração de ácidos húmicos desses solos. A acumulação de serapilheira, para algumas espécies, variou entre as estações do ano. E também foram observadas diferenças entre as espécies, quanto ao total de fitomassa acumulada, nas diferentes estações. O *Eucalyptus saligna* (T1) foi a espécie que mostrou os maiores valores de C em sua serapilheira e ainda apresentou as menores taxas de mineralização do N, em contrapartida a *Ocotea porosa* (T5) e a *Araucaria angustifolia* (T7) foram as que apresentaram maior taxa de mineralização do N. As maiores taxas de mineralização ocorreram no verão para todas as espécies abordadas e o efeito da “vantagem doméstica” parece influenciar nessa mineralização, uma vez que a mineralização ocorreu de forma facilitada nas espécies nativas da região. Os ácidos húmicos formados sob solo, à princípio, não se diferenciaram estruturalmente, porém nota-se contribuição da serapilheira na qualidade desses ácidos húmicos (AH), principalmente relacionadas ao C e N.

Palavras-chaves: ciclagem de nutrientes, fitomassa, serapilheira, substâncias húmicas, espectroscopia.

GENERAL ABSTRACT

The understanding of soil-forest relationships is important to support the maintenance of forest sustainability. If, characteristics of the soil are responsible for forestry, on the other hand, the different tree species have different contributions to the intake of dry matter and nutrients to the soil. The soil organic matter (SOM) is directly related to the plant material or litter that is being deposited, which decomposes, providing nutrients to soil and plants. This work aimed to evaluate the effect of stands with different forest species on the accumulation and chemical composition of litter, on nitrogen mineralization and the spectroscopic characteristics of humic acids from soils of these areas. The survey was carried out in the UFPR Experimental Farm in Rio Negro, Paraná state, where six tree species were selected from seven planted stands as follow: *Eucalyptus saligna* (T1), *Castanea sativa* (T2), *Pinus taeda* (T3), *Cryptomeria japonica* (T4), *Ocotea porosa* (T5), *Pinus taeda* (T6) and *Araucaria angustifolia* (T7). For two years, winter and summer, the litter accumulated and soil were collected from the forest species to characterize the biomass on the soil and the nutrients in it, to provide testing of nitrogen mineralization and for extraction of humic acid. Statistical analyzes were performed with hierarchical comparative testing and using principal component analysis (PCA). The accumulation of litter, for some species, varied between the seasons. In addition, differences were observed between species, as the total biomass accumulated in different seasons. The chemical composition of the litter fractions were different within and between species, but in general follow the order N > Ca > Mg > K > P. *Eucalyptus saligna* (T1) was the species with the highest values of C in litter and the lowest rates of N mineralization. On the other hand, the native species *Ocotea porosa* (T5) and *Araucaria angustifolia* (T7) showed the highest rates of N mineralization. The highest rates of mineralization happen in summer for every species studied, and the effect of “home field” or the “home advantage” appears to influence this mineralization. The humic acids formed under ground, at first, did not differ structurally, however the contribution of litter in the quality of humic acids (HA) is noted, mainly related to C and N.

Keywords: nutrient cycling, biomass, litter, humic substances, spectroscopy

CAPÍTULO A: INTRODUÇÃO GERAL

A.1. INTRODUÇÃO

Em 2012, a área brasileira de plantios florestais diversos atingiu 6,66 milhões de hectares, um crescimento de 2,2% em relação ao indicador de 2011. Os plantios de *Eucalyptus* representaram 76,6% da área total e os plantios de *Pinus*, 23,4% (Anuário Estatístico da Abraf, 2013). Apesar destas serem as duas principais espécies florestais plantadas no Brasil, existe potencial para a introdução de outras espécies exóticas e também nativas. Mas muito pouca informação existe sobre outras espécies florestais plantadas no Brasil. Este trabalho vem ao encontro desta carência de informações, com foco em alguns aspectos da biogeoquímica florestal, em plantios que foram realizados há cerca de 50 anos atrás, em Rio Negro, PR.

A compreensão da interação entre a floresta e o solo, principalmente da matéria orgânica formada através dessa interação, é a busca de diversos estudos como ferramenta para a conservação do solo florestal (Conceição *et al.*, 2005; Schumacher *et al.*, 2004) e no entendimento da ciclagem de nutrientes dentro desses ambientes florestais naturais ou plantados (BRITEZ, 1994; VIEIRA E SCHUMACHER, 2010).

A ciclagem de nutrientes é uma função de suma importância na regulação das atividades e desenvolvimento dos ecossistemas. Exemplificando um modelo da ciclagem dos nutrientes, pode-se incluir (i) as entradas e saídas do sistema – p. ex., chegada de nutrientes por intermédio de deposição seca e úmida, fixação biológica, intemperização de rochas e saída por meio das águas dos rios, lixiviação e formas gasosas; (ii) transferência de nutrientes planta-solo, pela mediação da serapilheira, lixiviação, decomposição de raízes e indivíduos mortos; e (iii) redistribuição interna de nutrientes móveis pela intervenção do floema (retranslocação) (ATTIWILL e ADAMS, 1993).

A matéria orgânica do solo (MOS) tem sido assunto nas mais diversas áreas de pesquisa, desde seu papel fundamental na estruturação do solo (SIX *et al.*, 2004; PINHEIRO *et al.*, 2004;), de estoque de carbono e nitrogênio (AMADO *et al.*, 2001; MIELNICZUK *et al.*, 2003; PULROLNIK *et al.*, 2009), da ciclagem de nutrientes (VIEIRA E SCHUMACHER, 2010;) e na forma de substâncias húmicas (EBELING *et al.*, 2013; PEREIRA, 2000) matéria orgânica essa mais recalcitrante no solo.

Alguns resultados dessas pesquisas têm demonstrado que solos sob florestas em regiões tropicais apresentam maior potencial de dreno de C, comparativamente ao uso do solo para fins agrícolas, devido à maior biomassa depositada anualmente na forma de manta orgânica (serapilheira) e de raízes mortas (LAL *et al.*, 1995; KRISHNAMURTHY E ÁVILA, 1999).

As características da MOS são relacionadas diretamente ao material vegetal ou serapilheira que está sendo depositada. A decomposição deste material fornece nutrientes ao solo; e esses nutrientes são absorvidos pelas plantas fechando a ciclagem de nutrientes (KOEHLER *et al.*, 1987; SCHUMACHER *et al.*, 2004). Além disso, as diferentes formas de manejo deste solo e a espécie residente sobre determinado solo exercem influencia sobre as características da matéria orgânica acumulada ao longo do tempo (BAYER *et al.*, 2000; PEREIRA *et al.*, 2010).

A compreensão da dinâmica da matéria orgânica do solo favorece o entendimento dos processos de decomposição e deposição do carbono e nutrientes no solo. O estudo das frações físicas da MOS permite uma melhor avaliação da qualidade do solo e tem sido usado para detalhamento da MOS, pois essas frações exibem diferentes taxas de degradação bioquímica e microbiana, além de apresentarem diferentes acessibilidades e interações (TAN *et al.*, 2007).

Essa compreensão, em particular no que se refere à dinâmica da biomassa e dos elementos nutricionais, é base importante para o entendimento

da estrutura e da dinâmica de nutrientes no ecossistema ou plantios homogêneos, permitindo caracterizar os estoques de biomassa e nutrientes e sua compartimentação, além de servir para elucidar alguns aspectos do crescimento e da produtividade. Esse conhecimento pode ainda dar suporte para os planos de manejo sustentado, ou de conservação das florestas, pois a produtividade sustentada nas diferentes formações florestais, tanto exóticas como naturais, está intimamente ligada ao processo da ciclagem de nutrientes (CALDEIRA, 2003).

A.2. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve por objetivo caracterizar biogeoquimicamente a serapilheira e a matéria orgânica do solo em plantios com diferentes espécies florestais, em Rio Negro, PR.

A.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- avaliar o efeito de plantios com diferentes espécies florestais no acúmulo e composição química da serapilheira e suas frações em diferentes épocas do ano.
- avaliar a dinâmica da mineralização de nitrogênio da MOS sob diferentes espécies florestais e o efeito das estações climáticas sobre esta mineralização.
- caracterizar espectroscopicamente o ácido húmico extraído em solos sob diferentes plantios florestais, como ferramenta de estudo da decomposição da matéria orgânica desses solos.

A.2.2 HIPÓTESES

- As espécies florestais contribuem de forma diferente no acúmulo e na composição química da serapilheira ao longo do ano e nas estações.
- A dinâmica da mineralização do nitrogênio da matéria orgânica do solo é influenciada pelas variações climáticas durante o ano e pelas espécies florestais plantadas sobre esse solo.

- A matéria orgânica mais recalcitrante, como o ácido húmico do solo, mantém características quanto a qualidade da matéria orgânica mais lábil influenciadas pelas espécies florestais implantadas sobre o solo.

A.3. REVISÃO DE LITERATURA

A.3.1 ESPÉCIES FLORESTAIS

A.3.1.1 Pinus taeda L.

As atividades de florestamento e reflorestamento com espécies do gênero *Pinus* foram intensificadas a partir da segunda metade da década de sessenta, após a promulgação da lei dos incentivos fiscais. Extensas áreas foram ocupadas predominantemente com *Pinus taeda* L. e *Pinus elliotti* Engelm. var. *elliotti*, constituindo hoje bases de importantes atividades industriais como produção de celulose e papel, embalagens, aglomerados, mobiliário, compensados, chapas dentre outras (FERREIRA *et al.*, 2004). No Brasil é comumente encontrada em plantios homogêneos no Sul, principalmente nas terras mais altas do Planalto Catarinense e Serra Gaúcha.

Essa espécie natural dos Estados Unidos (costa atlântica do sudeste e Golfo do México) normalmente alcança 20-30 metros de altura com tronco de casca marrom-avermelhado, fendida com cristais escamosas. Suas folhas (acículas) são em número de 3 por fascículo, rijas, finas, agudas, torcidas e persistentes por vários anos. Frutos (cones) laterais ou terminais, decíduos e quase sésseis, de escamas alongadas com um espinho triangular. Produção abundante de sementes prevalecida principalmente pelas condições ambientais do território brasileiro (LORENZI, 2003).

As espécies do gênero *Pinus* são conhecidas por sua baixa exigência nutricional, podendo ser encontradas crescendo em ambientes extremamente pobres em nutrientes, nos quais, apesar da produção estar aquém do satisfatório, as plantas demonstram uma capacidade extraordinária de adaptação com um bom gerenciamento dos escassos recursos nutricionais (SHUMACHER *et al.*, 2008).

Muitos estudos tratam da deposição e aporte de nutrientes da serapilheira do gênero *Pinus*, dada a importância econômica dessa espécie no âmbito nacional.

A.3.1.2 *Cryptomeria japonica* (L. f.) D. Don

Espécie da família Taxodiaceae conhecida como cedro japonês ou pinheiro do Japão, originária da China e Japão e introduzida no Brasil principalmente para o paisagismo (LORENZI, 2003). A criptoméria pode atingir um incremento médio anual de até 45 m³/ha em sítios adequados, principalmente os sítios localizados acima dos 800 m de altitude (CARPANEZZI *et al.*, 1988). Essa espécie tem potencial para produção de madeira de alta qualidade para processamentos mecânicos na fabricação de lâminas, chapas e peças serradas para construção de casas, móveis, embalagens e barcos, bem como para a fabricação de papel e celulose (CARPANEZZI *et al.*, 1988; SANTOS *et al.*, 2000; GÉRARD, 2004).

Segundo Shimizu e Maiochi (2007) a criptoméria é uma espécie cuja produtividade de madeira é dependente da origem de suas sementes e, também, altamente sensível à qualidade do sítio. Pouco se conhece sobre deposição e aporte de nutrientes da serapilheira dessa espécie, muito menos sobre a taxa de decomposição da serapilheira.

No Brasil pouco se conhece sobre o ciclo biogeoquímico de florestamentos com essa espécie e sua contribuição na matéria orgânica do solo sob esses florestamentos.

A.3.1.3 *Castanea sativa* Mill.

Árvore caducifólia da família das Fagaceae conhecida como castanha-européia ou castanha-portuguesa originária da Europa, norte da África e China. Possui folhas simples alternas e decíduas de coloração verde escura brilhantes, com 15-25 cm de comprimento e possui característica outonal. As flores femininas formam infrutescências espinescentes, lenhosas, com 1-3 frutos marrons ou castanhas, cujas amêndoas (cotilédones) são comestíveis. (LORENZI, 2003).

Essa espécie desenvolve-se melhor em regiões de clima frio, normalmente cultivada em pomares pelo Sul e Sudeste do Brasil visando a produção de frutos (LORENZI, 2003). Muitos estudos relatam sobre o fruto desta espécie, devido ao fato de serem comestíveis, porém pouco ou quase nada se conhece sobre a ciclagem de nutrientes e deposição de serapilheira em plantios com essa espécie.

A.3.1.4 *Eucalyptus saligna* Sm.

As espécies de eucaliptos são comumente implantadas em todo território brasileiro devido a sua facilidade de adaptação ao clima. Essa espécie é natural da Austrália e possui alto valor econômico no âmbito nacional, principalmente na utilização de sua madeira vermelha-clara, pesada e de boa qualidade utilizada para os mais diversos fins (LORENZI, 2003).

Devido ao ser alto valor comercial e grandes extensões de áreas com plantios comerciais com essa espécie, muitos estudos tratam sobre a ciclagem nutriente e deposição de serapilheira (SOUZA e DAVIDE, 2001; SCHUMACHER, 1992; CHIARANDA *et al.*, 1983) em florestas com essa espécie, dada a sua importância. Esses estudos objetivam saber essencialmente a importância da espécie para a qualidade da matéria orgânica do solo, a contribuição da serapilheira para essa qualidade e os fatores climáticos que possam interferir nesses processos.

Chiaranda *et al.* (1983) estudando a deposição de serapilheira pelo *Eucalyptus viminalis*, verificaram um pico de deposição nos meses mais quentes e úmidos do ano, coincidente com os dados encontrados por Souza e Davide (2001) para a espécie. Esses últimos autores ainda relataram que a composição química da serapilheira de eucalipto teve a seguinte sequência nos teores: Ca>N>Mg>K>P. Em povoamentos de *Eucalyptus grandis*, Bellote *et al.* (1980) e Poggiani (1985) encontraram uma sequência semelhante, porém, com as quantidades de K sendo maiores que as de Mg.

A.3.1.5 *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso

Conhecida como canela-imbuia, imbuia amarela, imbuia-clara dentre outra, a *Ocotea porosa* é originária do Brasil e ocorre dentro da Floresta Ombrófila Mista e Floresta Ombrófila Densa nos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo, Rio de Janeiro, Goiás e Minas Gerais. Sua floração ocorre de outubro a dezembro no Paraná e Santa Catarina e sua frutificação de fevereiro a abril. A dispersão de suas sementes ocorre de forma zoocórica.

Sua madeira foi muito cobiçada para a fabricação de móveis, o que quase a levou a devastação total em seu bioma, principalmente de indivíduos com porte avantajado (RIZZINI, 1978). Pouco se conhece sobre a deposição e composição química da serapilheira, principalmente em plantios homogêneos com essa espécie.

A *Ocotea porosa* está presente na Red List na categoria vulnerável desde 1997. Por se tratar de uma espécie natural da região, dá-se a importância de estudos que visem comparar a dinâmica relacionada à ciclagem de nutrientes de plantios naturais com plantios de espécies introduzidas.

A.3.1.6 *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.

A *Araucaria angustifolia* caracteriza-se por uma árvore de grande porte chegando até 50 m de altura e diâmetros incomuns que via de regra chegam fácil a 2 m. Possui tronco retilíneo e indiviso com ramificação verticilada no topo, sendo sua copa na fase juvenil na forma cônica e na adulta em forma de cálice; casca espessa, variando de 2 a 15 cm conforme a idade de coloração cinza-escuro. Suas folhas comumente conhecida como “grimpas”, são coriáceas, duras e pontiagudas voltadas para o ápice medindo 25-60 cm de comprimento (RIZZINI, 1978). Quanto a sua fenologia, apresenta estróbilo masculino de agosto à janeiro e estróbilo feminino visível o ano todo. Por possuir uma madeira leve e resistente foi muito explorada no seu bioma natural e hoje se encontra ameaçada de extinção e protegida por lei no Brasil. Está incluída na Red List na categoria crítica (Critically endangered).

Segundo Longhi (1997), grande parte do Planalto Sul-brasileiro, principalmente em altitudes acima de 500 m foi, em épocas passadas, coberto por uma formação vegetal bastante típica, caracterizada pela presença da *Araucaria angustifolia*. A araucaria muito contribuía para a fisionomia da região, impondo-se as demais devido a formação de densos agrupamentos e ao grande porte de seus indivíduos, tanto que a Floresta Ombrófila Mista é conhecida popularmente como Floresta de Araucária dada a sua importância e predominância.

Segundo Poggiani e Schumacher (2000), a deposição de serapilheira em povoamentos formados por espécies nativas, como a *Araucaria angustifolia*, é um dos aspectos primordiais a serem estudados na avaliação da nutrição mineral e ciclagem de nutrientes nessas florestas, com vistas ao planejamento do uso destas espécies para recuperação de áreas degradadas ou para produção de madeiras nobres.

A quantidade de serapilheira e seu conteúdo de nutrientes que são aportados ao solo pelo povoamento irão refletir na sua capacidade produtiva e no seu potencial de recuperação ambiental, tendo em vista as modificações que irão ocorrer nas características químicas do solo e, conseqüentemente, na cadeia alimentar resultante do material orgânico adicionado ao solo (SCHUMACHER *et al.*, 2004).

A.3.2 BIOMASSA, FITOMASSA E SERAPILHEIRA

O termo biomassa representa a matéria orgânica armazenada em um determinado ecossistema, pois especifica o valor numérico dos componentes presentes, além de ser fundamental nos estudos de ciclagem de nutrientes (GOLLEY *et al.*, 1978).

Segundo BROWN (1997) biomassa é a quantidade total de matéria seca viva acima do solo expressa em toneladas por unidade de área.

A biomassa total é o somatório dos diversos componentes da biomassa viva, tanto acima do solo quanto subterrânea, como da biomassa morta, sendo

essa fração da biomassa total, constituída pela vegetação em decomposição, conhecida como serapilheira (CALDEIRA, 2003).

Alguns autores usam o termo fitomassa e esse termo é usado para medir o material seco da planta, o qual juntamente com a zoomassa corresponde ao termo biomassa. A fitomassa viva é constituída, principalmente, de água, cuja quantidade de armazenamento depende do componente arbóreo, da espécie, das condições edafoclimáticas e da estação do ano. Quando um determinado tecido vivo é seco e perde água, a matéria seca que constitui a biomassa é formada por compostos, principalmente de carboidratos, como celulose e lignina, e quantidades menores de proteína (GOLLEY *et al.*, 1978) e por esqueletos de carbono e o restante por nutrientes (LARCHER, 2000).

A quantificação da biomassa fornece informações sobre magnitude, qualidade e distribuição dos produtos da floresta que não se encontram nos tradicionais mapas dos ecossistemas. Seu conhecimento também é importante do ponto de vista ecológico, porque permite estabelecer a produção real de um sítio florestal (CALDENTEY, 1995), além de permitir conhecer o crescimento, a produtividade e o ciclo dos nutrientes nos ecossistemas florestais tanto naturais como implantados (LUY, GOYA; FRANGI, 1997).

Diversos trabalhos mostram que o acúmulo e qualidade da biomassa diferem entre os ecossistemas. Essa variação pode ser função dos fatores ambientais e dos próprios fatores inerentes à planta (BARNES *et al.*, 1998).

Assim sendo os ecossistemas florestais desenvolvem um horizonte orgânico sobre o solo, que, segundo Koehler (1989) é o resultado da queda periódica de folha, galhos, frutos e às vezes árvores inteiras, conhecida como serapilheira, serrapilheira, liteira, folhada, folhedo, manta florestal, onde a primeira, nos dias atuais, vêm sendo mais utilizada. Ainda o mesmo autor relata que serapilheira refere-se à camada superior de detritos orgânicos sobre o solo da floresta, composta de material vegetal recém-caído, não decomposto ou em início de decomposição, sendo formado principalmente por folhas, fragmentos de casca, galhos, flores, frutos e outras.

A.3.3 SERAPILHEIRA ACUMULADA

A serapilheira acumulada no solo florestal permite a existência de uma grande variedade de nichos para a mesofauna, microflora e microrganismo para o solo, sendo ainda fonte de nutrientes para o solo e contribuindo na ciclagem de nutrientes (SANTOS, 1989; PRITCHETT, 1990).

O acúmulo de serapilheira varia em função de vários fatores: da procedência (MELO e RESCK, 2002), da espécie (KINDEL e GARAY, 2001), da cobertura florestal (GAMA-RODRIGUES *et al.*, 2000) e da época da coleta (SCHUMACHER *et al.*, 2004; SCHUMACHER, 1992; VIERA e SCHUMACHER, 2010); além das características do solo e do clima, que influenciam nas taxas de decomposição.

A serapilheira contém uma grande parte dos nutrientes extraídos do solo, que são liberados à medida que ocorre a decomposição, podendo ser reaproveitados pelas plantas num ciclo biológico fechado solo-planta-solo. Este ciclo inclui também transferências de elementos via lixiviação das copas, mas a queda da serapilheira é o mais significativo (KOEHLER *et al.*, 1990), sendo responsável pela entrada de nutrientes no sistema e desempenha papel fundamental no ciclo biológico (POGGIANI, 1992).

Dados existentes na literatura têm mostrado que os teores dos nutrientes minerais contidos na serapilheira acumulada são variáveis entre diferentes tipos de florestas, indicando assim que elas apresentam características distintas e que fatores abióticos influenciam os processos que controlam a disponibilidade de nutrientes (PAGANO e DURIGAN, 2000).

A quantidade de nutriente presente na serapilheira depende da espécie, da capacidade de redistribuição de nutrientes antes da senescência, do solo e da proporção de folhas em relação aos demais componentes (SCHUMACHER, 1992).

A.4. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO EXPERIMENTAL

A.4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

A Fazenda Experimental de Rio Negro, da Universidade Federal do Paraná, onde se localizam as parcelas de estudo, no município de Rio Negro (Figura 1). Rio Negro está situado à latitude de 26° 06' S, longitude de 49° 48' W e altitude de 847 m.

Os parâmetros climáticos normais da região ao longo do ano são: 1.600 mm para precipitação anual, 18°C para temperatura do ar, 12°C para temperatura mínima, 23°C para temperatura máxima, 80% para umidade relativa, 1.000 mm para evapotranspiração potencial estimada pelo método de Penman, 1.800h para insolação, 3.400 graus-dia (temperatura basal 10°C), 200h de frio abaixo de 7°C (entre os meses de maio a agosto) e dez dias, em média, com geadas por ano.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, apresenta-se como clima temperado propriamente dito (Cfb), com temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico) e verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C, sem estação seca definida (IAPAR, 1994).

No final dos anos 60, foram instalados vários plantios monoespecíficos com diferentes espécies nativas e exóticas, para avaliar a adaptação dessas espécies florestais às condições climáticas da região. Foram então construídos vários terraços ao longo do declive do terreno e neles foram instalados os plantios. As árvores estão hoje com cerca de 50 anos e ao longo desses anos os plantios não sofreram nenhuma ação de manejo, exceto retirada de algumas árvores mortas em alguns talhões.

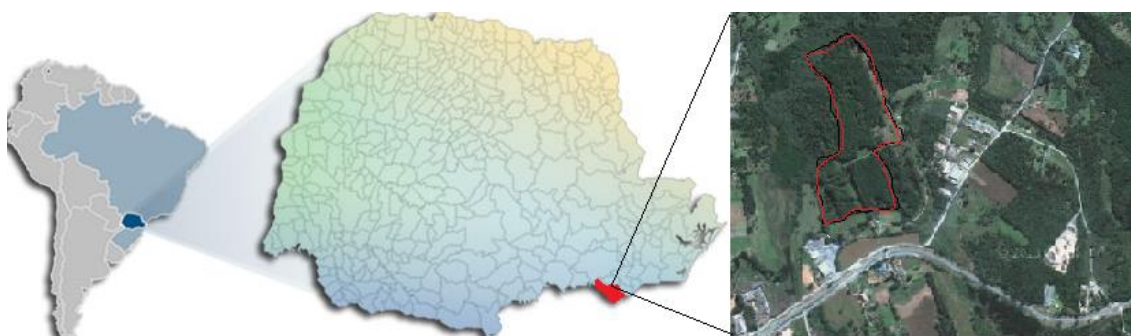


Figura 1. Localização da Fazenda Experimental de Rio Negro em relação ao município e ao estado Paraná (autor, 2013).

A caracterização do solo nas áreas de estudo foi descrita por Shimizu e Maiochi (2007). Segundo esses autores o solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, de baixa fertilidade, com altos teores de alumínio, ácido e baixo teor de bases trocáveis e fósforo. Outros perfis de solo foram abertos para uma melhor classificação dos solos, mas os resultados ainda não estão disponíveis.

A.4.2 TRATAMENTOS

Dentro da área da Fazenda Experimental de Rio Negro, foram selecionadas seis espécies florestais plantadas, localizadas em sete povoamentos, distribuídas em cotas altitudinais em uma rampa na paisagem, na ordem descrita a seguir: *Eucalipto saligna* (T1) (830m), *Castanea sativa* (T2) (828m), *Pinus taeda* (T3) (820m), *Cryptomeria japonica* (T4) (818m), *Ocotea porosa* (T5) (816m), *Pinus taeda* (T6) (799m) e *Araucaria angustifolia* (T7) (795m).

A.4.3 ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO

A Tabela 1 mostra as características químicas da fertilidade do solo na profundidade 0-5 cm coletado nos solos sob os plantios florestais dentro da área de estudo, realizado por Carvalho (2011).

Tabela 1 Características químicas da fertilidade do solo na profundidade 0-5 cm nos plantios florestais.

	pH	H + Al	Al	K	Ca	Mg	P	V	C	N	C/N
	CaCl ₂		cmol _c /dm ³				g/dm ³	%	%		
Eucalipto	3,1	10,9	2,3	0,06	0,98	0,18	4,3	10,03	10,2	0,43	22,13
Castanha	3,5	11,9	2,36	0,05	0,76	0,11	5,7	7,19	2,4	0,14	16,39
Cryptomeria	3,4	10,4	2,4	0,06	0,94	0,13	4,3	9,78	1,13	0,07	11,55
Pinus I	3,4	13,3	2,73	0,06	0,91	0,11	4,1	7,54	4,13	0,3	13,88
Ocotea	3,5	9,6	2,39	0,06	0,71	0,15	3,2	9,16	2,86	0,18	14,12
Pinus II	3,6	10,7	2,91	0,06	0,86	0,11	3	8,8	1,93	0,2	14,75
Araucaria	3,4	13,2	3,73	0,06	0,77	0,12	4	6,69	2,52	0,2	15,86

Os solos, de uma maneira geral, se apresentam ácidos, sendo a maior parte desta acidez associada à matéria orgânica do solo, conforme os valores de H⁺. De acordo com o manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004), os teores de P, K, Ca e Mg são considerados entre baixo e muito baixo (CARVALHO, 2011).

A.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF - Anuário estatístico da ABRAF – 2013, ano base 2012 / ABRAF. – Brasília: 2013.

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUN, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **R. Bras. Ci. Solo**, v.25 p. 189-197, 2001.

ATTWILL P.M.; ADAMS M.A. Tansley Review no 50: Nutrient cycling in forests. **New Phytologist** 124:561-582, 1993.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T.J.C. ; et al. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 54, p. 101-109. 2000.

BRITEZ, R.M. **Ciclagem de Nutrientes Minerais em duas Florestas da Planície Litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal do Paraná. 1994.

BROWN, S. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. **FAO Forestry Paper**, 134, 1997. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/W4095E/w4095e00.htr>. Acesso em 14 dez. 2013.

CALDEIRA, M.V.W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma floresta ombrófila mista Montana em General Carneiro, Paraná.** Curitiba, PR. 2003. 176f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná.

CALDENTEY, J. Acumulación de biomassa em rodais naturais de *Nothofagus pumilio* em terra Del fuego, Chile. **Investigación Agrária Sistemas y Recursos Forestales**, Madrid, v. 4, n. 2, p. 165-175, 1995.

CARPANEZZI, A. A.; PEREIRA, J. C. D.; CARVALHO, P. E. C.; REIS, A.; VIEIRA, A. R. R.; ROTA, E.; STURION, J. A.; RAUEN, M. de J.; SILVEIRA, R. A. S. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina.** Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1988. 113 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 21).

CARVALHO, D. **Características da serapilheira e do solo sob florestas de coníferas e folhosas em Rio Negro, PR.** 39p. Dissertação. (Mestrado em Ciência do Solo). Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. V.29. N.5. A.2005.

EBELING, A.G.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; VALLADARES, G.S.; PÉREZ, D.V. Substâncias húmicas e suas relações com o grau de subsidência em Organossolos de diferentes ambientes de formação no Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2 p. 225-233, 2013.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; COSTA, G.S.; ZAIA, F.C. Biomassa de serapilheira de diferentes coberturas florestais na região norte fluminense. FERTBIO 2000: biodinâmica do solo, 2000, Santa Maria. **Resumos expandidos...** Santa Maria: SBCS, RS. 2000. 1 CD-ROM.

GÉRARD, J.; BEAUCHÊNE, J.; FOUQUET, D.; GUIBAL, D.; LANGBOUR, P.; THEVENON, M. F.; THIBAUT, A.; VERNAY, M. TROPIX 5.0: caractéristiques technologiques de 215 essences tropicales. Montpellier: **CIRAD-Forêt**, 2004. 1 CDROM.

IAPAR-Instituto Agrônômico do Paraná. Cartas climáticas do Estado do Paraná 1994. Londrina: Iapar, 1994. (Documento, 18).

KINDEL, A. & GARAY, I. **Caracterização de ecossistemas da Floresta Atlântica de Tabuleiros por meio das formas de húmus.** R. Bras. Ci. Solo, v. 25, p. 551-563, 2001.

KOEHLER, C. W.; REISSMANN, C. B.; KOEHLER, H. S. Deposição de resíduos orgânicos (serapilheira) e nutrientes em plantio de *Araucaria*

angustifolia em função do sítio. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, v.9, n.1, p.89-96, 1987.

KOEHLER, C.W. **Variação estacional da deposição de serapilheira e de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* na região de Ponta Grossa - PR**. Curitiba, 1989. 148f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

KOEHLER, C.W.; SOARES, R.V.; REISSMANN, C.B. Variação estacional da deposição de serapilheira em povoamento de *Pinus taeda* na região de Ponta Grossa-PR. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos de Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS, 1990. p.509-519.

KRISHNAMURTHY, L. & AVILA, M. Agroforesteria básica. México, Red. de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. **Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente**, 1999. p.29-36.

LAL, R. Forest soils and carbon sequestration. **For. Ecol. Manag.**, 220:242-258, 2005.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000. 53lp.

LONGHI, S. J. **Agrupamento e análise fitossociológica de comunidades florestais na sub-bacia hidrográfica do rio Passo Fundo-RS**. Curitiba: UFPR, 1997. 198 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1997.

LUY, A.; GOYA, J.F.; FRANGI, J.L. Distribución de la biomasa aérea y subterránea en plantaciones de *Eucalyptus grandis* de distintas edades en la región de Concordia, Entre Ríos (Argentina). In: **CONGRESO FORESTAL ARGENTINO Y LATINO - AMERICANO "Forestar y crecer"**, 2., 1997. Misiones. **Actas...** Misiones: Asociación Forestal Argentina, 1997.

MELO, J. T.; RESCK, D. V. S. **Retorno, ao solo, de nutrientes de serapilheira de pinus no cerrado do Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 18p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Cerrados, 75).

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F. & DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.S. & ALVAREZ V., V.H., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.209-248.

PAGANO, S.N.; DURIGAN, G. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matasiliares do oeste do estado de São Paulo, Brasil. In: RODRIGUES, R.R;

LEITÃO FILHO, H.F. (Ed). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP:FAPESP, 2000. p. 109-123.

RED LIST. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 15/01/2014.

PEREIRA, B. F.; **Caracterização Química, Térmica e Espectroscópica de Húmus produzidos na Região de Curitiba – PR**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Ciência do Solo. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. p. 98. 2000.

PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; BEUTLER, S.J.; TORRES, J.L.R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.45, n.5, p.508-514, 2010.

PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, M.G. & ANJOS, L.H.C. Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil. **Soil Till. Res.**, 77:79-84, 2004.

POGGIANI, F. Alterações dos ciclos biogeoquímicos em florestas. In: **CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS: CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, 2.**, 1992, São Paulo. Anais... São Paulo: Instituto Florestal, 1992. v. 3, p. 734-739.

PRITCHETT, W.L. **Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento**. Mexico: John Wiley & Sons, Inc., 1990. 634p.

PULROLNIK, K.; BARROS, N.F.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; BRANDANI, C.B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no vale do Jequitinhonha – MG. **Rev. Bras. Cien. Solo**, v. 33, p.1125-1136, 2009.

SANTOS, C. B.; LONGHI, S. L.; HOPPE, J. M.; MOSCOVICH, F. A. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 1-15, 2000.

SANTOS, V.D. **Ciclagem de nutrientes minerais em mata tropical subcaducifolia dos planaltos do Paraná (Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo - Fênix/PR)**. São Carlos, 1989. 387f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos. 1989.

SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torrelliana* F. Mesell**. 1992. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1992.

SCHUMACHER, M. V. et al. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (bertol.) kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, v.28, n.1, p.29-37, 2004.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E.J.; HERNANDES, J.I.; KÖNIG, F.G. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (bertol.) kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, v.28, n.1, p.29-37, 2004.

SHIMIZU, J.Y.; MAIOCHI, R.A. Criptoméria como espécie alternativa para produção de madeira no Paraná. **Pesquisa Florestal**. Colombo, vol. 54, p. 63-70, jan/jun. 2007.

SIX, J. et al. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil and Tillage Research**, v. 79, n. 1, p. 7-31, 2004.

TAN, Z; LAL, R; OWENS, L; IZAURRALDE R. C. Distribution of light and heavy fractions of soil organic carbon as related to land use and tillage practice. **Soil Tillage Res**, v. 92 p. 53–59, 2007.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M.V. Teores e Aporte de Nutrientes na Serapilheira de *Pinus taeda* L., e sua Relação com a Temperatura o Ar e Pluviosidade. **Revista Árvore**, Viçosa- MG, v.34, n.1, p.85-94, 2010.

CAPÍTULO B: FITOMASSA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SERAPILHEIRA ACUMULADA EM PLANTIOS COM DIFERENTES ESPÉCIES FLORESTAIS

1. INTRODUÇÃO

O estudo do fluxo dos nutrientes no ecossistema, isto é, a produção e decomposição da serapilheira, com a conseqüente transferência destes para o ambiente, é essencial para a caracterização dos padrões de ciclagem (GOLLEY 1983), pois representa a principal via de retorno de nutrientes e matéria orgânica à superfície do solo (PAGANO e DURIGAN 2000).

A serapilheira representa o principal caminho biológico da transferência de elementos da vegetação para o solo (XU e HIRATA, 2002); ela e seu processo de decomposição mantêm os nutrientes no solo, influenciam a produção primária e regulam o fluxo de energia e os ciclos de nutrientes em ecossistemas florestais (WARING e SCHLESINGER, 1985).

A qualidade da serapilheira é um dos fatores que contribuem nos ciclos de nutrientes em ecossistemas florestais; e essa qualidade está relacionada à espécie florestal implantada. Algumas espécies como o eucalipto apresentam uma alta eficiência nutricional, gerando, conseqüentemente, uma serapilheira de baixa qualidade nutricional e alto teor de carbono em relação a outros nutrientes, se comparada à de florestas naturais tropicais e subtropicais (GAMA-RODRIGUES e BARROS, 2002). Desta forma, serapilheiras com altas relações C/N, C/P, C/K, C/Ca geralmente mostram uma menor taxa de decomposição, inviabilizando a disponibilidade de alguns nutrientes a curto prazo.

Carpanezzi (1997) comparou diversos trabalhos realizados em plantações de espécies de rápido crescimento, ou em talhões de regeneração natural dominados por uma só espécie, e identificou um padrão comum de produção de serapilheira em relação à idade. Inicialmente, o valor da deposição cresce com a idade, até atingir um limite, variando a velocidade de aumento da deposição, a idade e o valor máximo de acordo com cada caso.

Depois de atingido o limite, o valor da deposição estabiliza-se ou cai lenta (para espécies longevas) e rapidamente (para espécies de vida curta).

Outro fator que influencia na decomposição da serapilheira e da matéria orgânica do solo (MOS) é a textura do solo, verificado principalmente na formação de complexos organominerais, sendo que solos mais argilosos tendem a apresentar maiores teores de C do que solos de textura mais grosseira (HASSINK, 1997).

A ciclagem de nutrientes através da serapilheira, conforme Britez *et al.* (1992), Melo e Resck (2002), Balieiro *et al.* (2004) e Vital *et al.* (2004), é o meio mais importante para a nutrição dos vegetais, sobretudo em solos com baixo teor de nutrientes, os quais geralmente são destinados para o cultivo de espécies florestais; e estas se desenvolvem em decorrência da queda de componentes da parte aérea que, conforme se decompõem, liberam quantidades significativas de nutrientes no solo.

No estudo da ciclagem de nutrientes, a quantificação das reservas minerais e orgânicas e suas transferências entre compartimentos são de extrema importância para entender e comparar os diferentes ecossistemas e suas inter-relações com o meio (BRITTEZ *et al.*, 1997).

Segundo PRITCHETT (1979), na floresta existem duas formas de ciclos de nutrientes: um externo e outro interno. Ao ciclo externo, ele chama também de geoquímico e inclui as formas de transferências de nutrientes para dentro e para fora do ecossistema florestal. Ao ciclo interno ele chama também de ciclo biológico, que abrange apenas a ciclagem interna dos nutrientes no ecossistema florestal. O ciclo biológico, contudo, pode ainda ser subdividido em duas partes: o ciclo bioquímico que se refere à movimentação dos nutrientes dentro da própria árvore e o ciclo biogeoquímico que abrange a ciclagem dos nutrientes entre o solo e a biomassa arbórea.

O ciclo biogeoquímico é o que pode trazer informações sobre as contribuições de determinadas espécies florestais na ciclagem de nutrientes. Essa contribuição se dá através do material vegetativo depositado e acumulado no solo chamado de serapilheira ou *litter* (inglês), onde a decomposição desse

material faz parte do processo de ciclagem, disponibilizando nutrientes para as raízes das plantas dando assim sequência ao ciclo (KOEHLER *et al.*, 1987; SCHUMACHER *et al.*, 2004; POGGIANI e SCHUMACHER, 2000).

O conhecimento do aporte de nutrientes através da serapilheira é extremamente importante para avaliar o impacto e implicações das ações de manejo na disponibilidade dos elementos minerais para as plantas e na conservação do solo florestal (FERREIRA *et al.*, 2004; VITAL *et al.*, 2004).

Os principais mecanismos responsáveis pela transferência de nutrientes da biomassa de espécies arbóreas para o solo são: a deposição de serapilheira, a lavagem da vegetação pela chuva que carrega substâncias minerais e orgânicas presas às estruturas da parte aérea e a decomposição da biomassa morta, que inclui a serapilheira e raízes mortas (SANCHEZ, 1976; GONZALEZ e GALLARDO, 1986).

Através de estudos da transferência de nutrientes da serapilheira para o solo, obtêm-se informações sobre a distribuição de nutrientes no ecossistema, podendo-se inferir sobre os fluxos entre os diferentes compartimentos. Esse fluxo de nutrientes supre grande parte das necessidades das árvores (FERREIRA *et al.*, 2004).

A concentração e o conteúdo de nutrientes na serapilheira variam em função do tipo de solo, da vegetação, da densidade populacional, da habilidade da espécie em absorver, utilizar e translocar os nutrientes antes da senescência foliar, da proporção de folhas em relação aos demais componentes, do habitat (condições edafoclimáticas) e da idade das árvores (KOEHLER, 1989; SCHUMACHER, 1992; NEVES *et al.*, 2001).

Desta forma faz-se importante a realização de estudos sobre a contribuição de diferentes espécies na ciclagem biogeoquímica e consequentemente na reposição de nutrientes ao solo de ecossistemas florestais.

2. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de plantios com diferentes espécies florestais e da época do ano no acúmulo e na composição química da serapilheira.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar a acumulação de fitomassa e a composição química da serapilheira entre diferentes espécies florestais;
- Identificar se existe efeito estacional no acúmulo de serapilheira e em sua composição química.
- Avaliar a quantidade de fitomassa e composição química das diferentes frações da serapilheira.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 COLETA E CARACTERIZAÇÃO DAS FRAÇÕES ORGÂNICAS

A serapilheira acumulada foi coletada dentro de cada plantio florestal, já descrito no Capítulo A, em área demarcada sobre o solo com as dimensões de 20,0 x 27,5 cm. As coletas foram realizadas em agosto de 2012 (inverno/2012), fevereiro de 2013 (verão/2013) e agosto de 2013 (inverno/2013). Este material foi então colocado em uma bandeja de plástico, de forma que as frações não fossem alteradas, do campo até o laboratório, quanto a sua disposição original no campo.

No Laboratório de Biogeoquímica (LAB) da UFPR, as amostras foram secadas em estufa de circulação forçada a 60 °C por 72 horas, sendo posteriormente realizada a triagem das seguintes frações:

L – Folhas recém-depositadas (folhas novas);

F – Folhas com algum estágio de decomposição;

M – Miscelânea, todo material não identificável que passou na peneira de 9 mm;

G – Galhos, frutos, cones (material mais lenhoso) e;

R – Raízes.

Foram determinadas a fitomassa total de cada fração acima descrita em cada plantio florestal, por pesagem do material seco, além das análises de composição química das frações, menos raízes devido à pequena quantidade para análise.

A Figura 2 mostra a triagem das espécies criptomeria e imbuia, como exemplo.



Figura 2 .Fracionamento da serapilheira de duas espécies florestais de Rio Negro-PR. Fonte: Autor (2013).

3.2 ANÁLISE QUÍMICA DAS FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA

As frações da serapilheira acumulada foram moídas em moinho do tipo Wiley, para realização das análises químicas. Segundo a metodologia descrita por Martins e Reissmann (2007), as amostras foram incineradas em mufla a 500°C e posteriormente solubilizadas em HCl 3 mol/L.

Foram determinadas as concentrações dos nutrientes: potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), manganês (Mg). O K foi determinado por fotometria de

emissão. O P foi determinado por colorimetria em espectrofotômetro UV/VIS. Os elementos Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

O nitrogênio (N) e o carbono (C) foram determinados por combustão total no Analisador Elementar Vario El III.

3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises estatísticas foram realizadas de diversas formas de agrupamentos, descritas abaixo.

A análise estatística da fitomassa total foi avaliada de duas formas:

- pela ANOVA, onde a variável dependente foi o peso e as variáveis independentes os tratamentos, frações da serapilheira e épocas do ano, em um delineamento hierarquizado. Onde as frações foram aninhadas nos tratamentos e às épocas do ano e as diferenças foram asseguradas pelo teste comparativo LSD – Fischer, a 5% de probabilidade;

- pela ANOVA (*one way*), onde a variável dependente foi o peso e o fator a espécie. As variâncias foram asseguradas pelo teste de Levenes e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As análises de composição química da serapilheira aportada pelas espécies foram verificadas pela ANOVA, onde as variáveis dependentes foram os teores dos elementos analisados e as variáveis independentes os tratamentos, fração da serapilheira e época do ano, em um delineamento hierarquizado; e as frações aninhadas nos tratamentos e às épocas do ano. As diferenças das médias foram asseguradas pelo teste comparativo de LSD – Fischer, a 5 % de probabilidade.

Ainda, para analisar a ordenação de todos os elementos da composição química da serapilheira foram feitos 4 ACP's, uma para cada fração, baseadas na matriz de correlação para evitar distorção na análise. O número de componentes principais foi determinado pelo teste de permutação de Monte

Carlo e o número de permutação efetuado foi de 999, conforme recomendado por McCune e James (2002).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 FITOMASSA DA SERAPILHEIRA ACUMULADA

Na Tabela 2 estão descritas as médias de acúmulo de serapilheira acumulada em cada espécie florestal, comparando as coletas em diferentes épocas, pelo teste de Tukey, considerando a espécie como fator e a fitomassa como variável dependente.

Não foram identificadas diferenças na quantidade acumulada, no verão e no inverno, para a maioria das espécies estudadas. Apenas o Eucalipto e o Pinus I acumularam menores quantidades de serapilheira no inverno de 2012. Alguns trabalhos mostram que espécies de eucalipto e pinus depositam mais serapilheira nos meses mais quentes e úmidos (CHIARANDA *et al.* 1983; SOUZA e DAVIDE, 2001), consequentemente apresentando um acúmulo maior nas estações mais frias onde a taxa de decomposição diminui. As demais espécies não apresentaram diferença estatística para a serapilheira acumulada no inverno e no verão.

Tabela 2 Fitomassa total da serapilheira acumulada de plantios florestais em diferentes épocas do ano em Rio Negro-PR.

	Eucalipto	Castanha	Pinus I	Criptomeria	Imbuia	Pinus II	Araucaria
Mg/ha.....						
Inv/2012	11,2b	14,1a	25,2b	13,6a	8,4a	20,6a	30,8a
Ver/2013	32,6a	18,4a	32,6ab	19,8a	9,3a	26,3a	23,7a
Inv/2013	30,9a	20,1a	43,3a	22,6a	9,9a	29,4a	28,8a
CV (%)	50,51	27,28	29,53	39,17	32,34	32,81	38,37

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey-HSD à 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação; Mg/ha = megagrama/hectare.

A Figura 3 mostra o gráfico da fitomassa total da serapilheira e das frações L, F, M e G das espécies florestais nas diferentes coletas realizadas no

inverno e verão, pela análise estatística hierarquizada e assegurada pelo teste comparativo de Fischer como já descrito anteriormente.

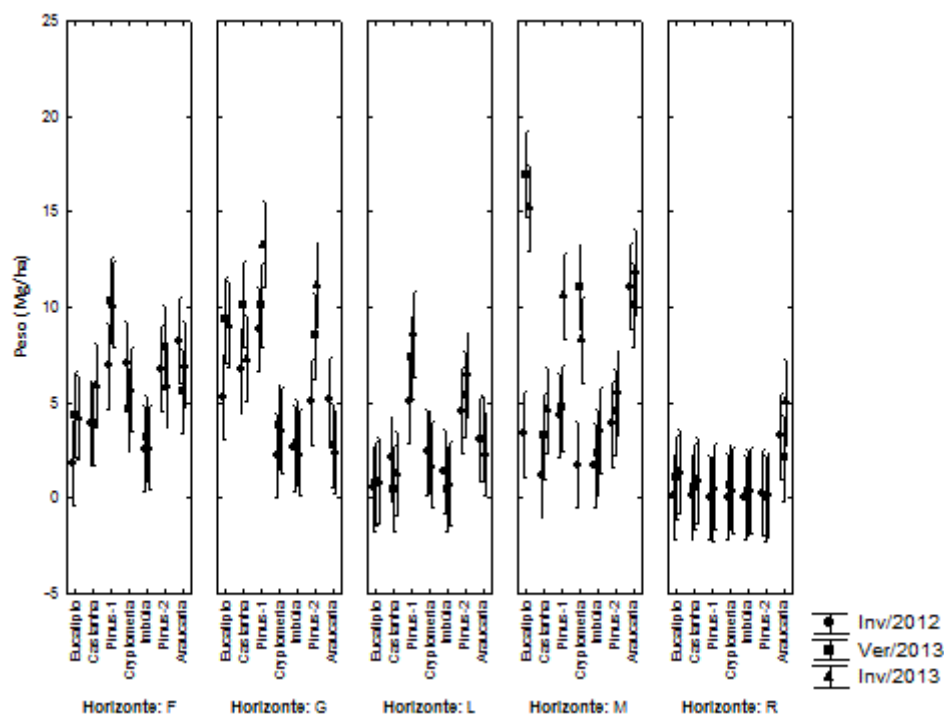


Figura 3 Fitomassa das frações (horizontes) da serapilheira, coletadas em distintas épocas do ano, em plantios com diferentes espécies florestais em Rio Negro-PR. L: Folhas recém-depositadas (folhas novas); F: Folhas com algum estágio de decomposição; M: Miscelânea, todo material não identificável que passou na peneira de 9 mm; G: Galhos, frutos, cones (material mais lenhoso); R: Raízes.

O acúmulo de serapilheira, para todas as espécies, não sofreu uma variação significativa, considerando as diferentes épocas de coleta, inverno e verão, como já observado na Tabela 1.

Para o fator fração, a araucária (T7) mostrou ter um acúmulo maior de fitomassa de raízes comparada às demais espécies. O pinus, nos dois plantios T3 e T6, acumulou mais fitomassa na fração L, ou seja, mais folhas pouco decompostas que as demais espécies florestais estudadas, sugerindo lenta decomposição das folhas desta espécie florestal.

A imbuia (T5) foi a espécie que menos acumulou fitomassa em todas as frações da serapilheira. A castanha (T2) tem maiores acúmulos da fração G; isso devido, provavelmente, à grande quantidade de castanhas depositadas no

chão deste plantio as quais foram inseridas nessa fração, no momento da triagem. A miscelânea mostrou-se em maiores quantidades sob o plantio de eucalipto (T1), principalmente nas coletas de verão e inverno de 2013.

A incidência de ventos e tempestades no verão podem explicar o maior acúmulo da fração G (galhos) no eucalipto e como consequência um maior acúmulo de fitomassa total no verão para essa espécie. Uma futura correlação com dados climáticos poderia explicar essa variação.

Na Tabela 2 apresentam-se os valores de fitomassa das frações da serapilheira acumulada para cada espécie florestal, coletadas no verão e inverno, assegurada pela pelo teste de Tukey e que corrobora com a análise hierarquizada demonstrada anteriormente na Figura 3.

Tabela 3 Fitomassa da serapilheira de diferentes plantios florestais coletadas no verão e inverno em Rio Negro-PR.

INVERNO 2012						
	L	F	M	G	RAÍZES	Fitomassa total
 Mg/ha					
Eucalipto	0,52c	1,88b	3,37bc	5,32abc	0,12b	11,2d
Castanha	2,12bc	3,95b	3,21c	6,73ab	0,1b	14,1cd
Pinus I	5,1a	6,92a	2,37b	8,85 ^a	0,05b	25,25ab
Cryptomeria	2,43bc	7,08a	1,63bc	2,26c	0,08b	13,62cd
Imbúia	1,4bc	2,61b	1,39bc	2,63c	0,04b	8,41d
Pinus II	4,58a	6,78a	1,2bc	5,03bc	0,3b	20,58bc
Araucária	3,09ab	8,25a	2,35a	6,62bc	3,26a	30,84a
VERÃO 2013						
Eucalipto	0,79d	4,37cd	16,95a	9,36 ^a	1,10b	32,57a
Castanha	0,50d	3,92cd	3,26c	10,15 ^a	0,62bc	18,43c
Pinus I	7,38a	10,35a	4,72c	10,12 ^a	0,00d	32,57a
Cryptomeria	2,46c	4,65cd	11,10b	3,79bc	0,63bc	22,64bc
Imbúia	0,50d	3,16d	2,38c	2,91c	0,33cd	9,28d
Pinus II	5,43b	7,90b	4,50c	8,50ab	0,00d	26,33ab
Araucária	3,13c	5,58c	10,12b	2,77c	2,11a	23,72bc
INVERNO 2013						
Eucalipto	0,92d	4,23bc	15,20 ^a	9,11ab	1,42b	30,88b
Castanha	1,31cd	5,91b	4,61d	7,33bc	0,95b	20,11bc

Pinus I	8,61 ^a	10,16 ^a	10,61abc	13,29 ^a	0,60b	43,27 ^a
Cryptomeria	1,75cd	5,71b	8,30bcd	3,56c	0,44b	19,76bc
Imbúia	0,79d	2,68c	3,56d	2,40c	0,43b	9,87c
Pinus II	6,52b	5,94b	5,55cd	11,20ab	0,23b	29,43b
Araucária	2,36c	7,01b	11,86ab	2,46c	5,06a	28,75b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey-HSD à 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação; L: Folhas recém-depositadas (folhas novas); F :Folhas com algum estágio de decomposição; M: Miscelânea, todo material não identificável que passou na peneira de 9 mm; G:Galhos, frutos, cones (material mais lenhoso).

4.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SERAPILHEIRA

4.2.1 Nitrogênio da Serapilheira

A Figura 4 mostra a comparação dos teores de N encontrados nas diferentes frações da serapilheira de todas as espécies florestais estudadas, coletadas no inverno e no verão.

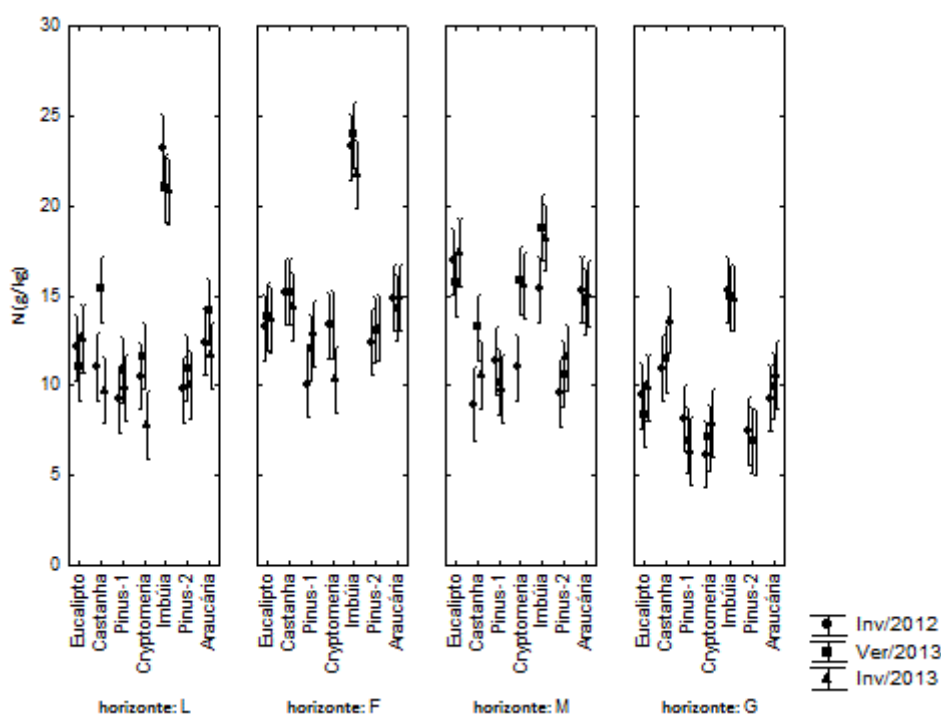


Figura 4. Teores de Nitrogênio nas frações da serapilheira de diferentes espécies florestais coletadas em distintas épocas do ano. L: Folhas recém-depositadas (folhas novas); F :Folhas com algum estágio de decomposição; M: Miscelânea, todo material não identificável que passou na peneira de 9 mm; G:Galhos, frutos, cones (material mais lenhoso).

Comparando-se as épocas do ano, não observou-se diferença estatística nos teores de N para todas as espécies florestais e também para todas as frações da serapilheira. Porém a comparação entre as espécies florestais mostra uma diferença significativa para a *Ocotea porosa* (T5), com valores acima de 20 g.kg⁻¹ de N nas frações L e F e ainda teores mais altos de N na fração G. Valores não tão altos, mas consideráveis para as frações M foram também observados nessa espécie.

Para todas as espécies não houve uma diferença significativa para os teores de N entre L e F, exceto para a castanha (T2), nas coletas de inverno, onde os valores de N são maiores na fração F.

O nitrogênio foi o nutriente com teores mais elevados na serapilheira, chegando a 23 g/kg nas frações L e F para a imbuia. Segundo Koehler (1989), o nitrogênio se torna mais abundante na serapilheira do que o cálcio normalmente em sítios mais pobres e sem estoques de cálcio no solo. Os valores muito baixos de Ca encontrados no solo desse experimento confirmam essa tendência.

4.2.2 Fósforo da serapilheira

A Figura 5 apresenta os teores de P para a serapilheira das diferentes espécies florestais no inverno e verão.

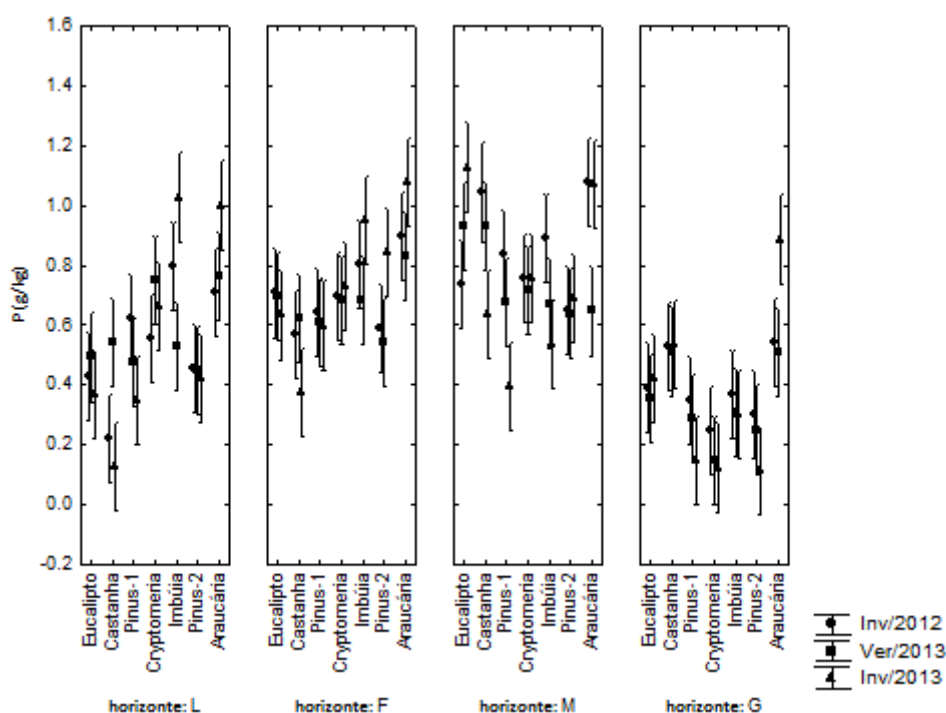


Figura 5. Teores de P da serapilheira acumulada de diferentes espécies florestais coletadas no inverno e verão. L: Folhas recém-depositadas (folhas novas); F :Folhas com algum estágio de decomposição; M: Miscelânea, todo material não identificável que passou na peneira de 9 mm; G:Galhos, frutos, cones (material mais lenhoso).

O comportamento relacionado aos teores de P na serapilheira foi semelhante em todas as épocas de coleta. A castanha (T2) foi a espécie que mostrou uma diferença entre inverno e verão na concentração de P na fração L, mostrando mais P nas folhas recém depositadas no verão.

Considerando as frações, teores inferiores na fração G para todas as espécies foram observados, menos para castanha (T2), que apresenta teores de P nessa fração semelhante às frações L e F, provavelmente explicado por teores altos de P nos frutos, triados nessa fração; que podem ser confirmados com análises futuras de composição química somente desses frutos. Observa-se, para todas as espécies, maiores teores de P na Miscelânea, fator esse explicado pelo fato dessa fração ser contaminada muitas vezes por solo no momento da coleta; ou ainda devido a um efeito de concentração

Considerando às espécies, a araucária (T7) apresentou teores altos de P em todas as frações da serapilheira, mostrando que esta espécie tem um enriquecimento deste nutriente na sua serapilheira, podendo disponibilizar P no solo depois do processo de decomposição da mesma. Teores altos de P também foram observados nas frações L e F da serapilheira acumulada na espécie imbuia (T5).

O tratamento T1, plantio de eucalipto, apresentou teores de P maiores estatisticamente na fração F comparada à fração L. Na criptomeria (T4) os teores de P na fração G foram menores comparativamente às demais frações da serapilheira dessa espécie.

A criptomeria (T4) e os pinus (T3) e (T6) mostraram valores mais baixos comparados as demais espécies, com teores entre 0,4 e 0,8 g.kg⁻¹ de P.

4.2.3 Potássio na serapilheira

A Figura 6 mostra os resultados da análise estatística da diferentes serapilheiras coletadas no inverno e verão para o elemento potássio (K).

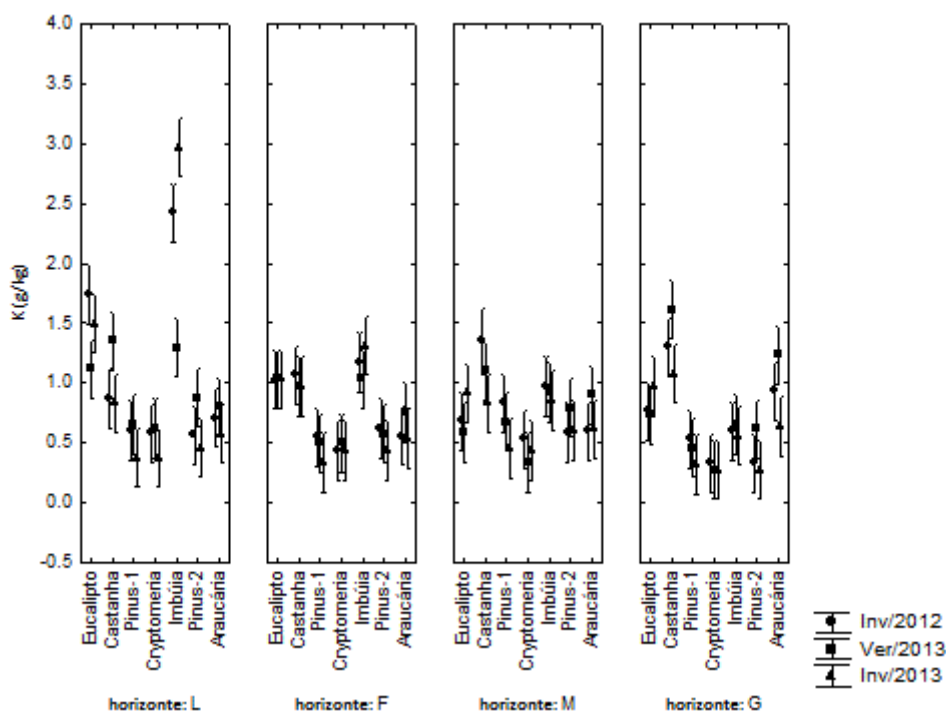


Figura 6 . Gráfico de comparação de médias da serapilheira de espécies florestais coletadas em diferentes épocas do ano para o elemento potássio. L: Folhas recém-depositadas (folhas novas); F :Folhas com algum estágio de decomposição; M: Miscelânea, todo material não identificável que passou na peneira de 9 mm; G:Galhos, frutos, cones (material mais lenhoso).

A Figura 6 mostra que houve influência da espécie florestal no teor de K na serapilheira, e que, a imbuia (T5), o eucalipto (T1) e a castanha (T2) foram as espécies que acumularam teores mais altos de K principalmente nas frações L, F e G, comparando com as demais espécies deste estudo.

A imbuia (T5) mostrou-se a espécie que concentra os maiores teores de K, principalmente nas folhas novas (L) e ainda essas concentrações tendem a serem maiores nas folhas novas coletadas na serapilheira de inverno. Mais coletas em diferentes épocas do ano podem comprovar essa tendência e caracterizar uma característica fisiológica desta espécie em acumular K nas folhas no período mais frio e seco do ano, ou ainda taxas menores de mineralização no inverno (abordada no Capítulo C deste trabalho) podem explicar esses teores de K maiores nas folhas recém depositadas no inverno, uma vez que com a taxa de mineralização reduzida no inverno a decomposição é mais tardia e o nutriente concentra-se nessa fração por mais tempo. Os

teores de K semelhantes na fração L e F, para essa espécie podem ajudar a confirmar isso.

O eucalipto (T1) mostrou uma concentração maior de K nas folhas recém depositadas (L) nas três coletadas avaliadas, com uma pequena tendência em acumular mais K na fração L no inverno, porém menos acentuada que a imbuia.

Os plantios com pinus, criptomeria e araucaria apresentaram teores menores de K em todas as frações com valores entre 0,4 e 0,7 g.kg⁻¹, sem diferenciação entre as épocas de coleta.

4.2.4 Cálcio da serapilheira

Houve uma distinção, para Ca, entre espécies e entre frações da serapilheira analisada (Figura 7). Para todas as espécies o Ca foi o segundo macronutriente em maior concentração na serapilheira acumulada em todas as épocas de coleta, sendo menor apenas que o N.

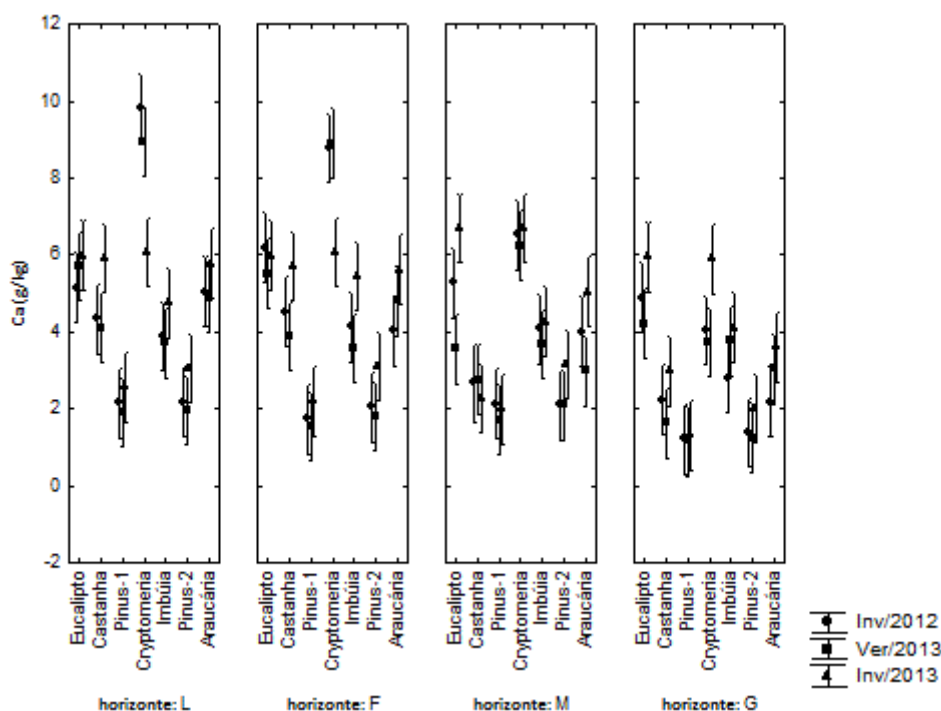


Figura 7. Teores de Ca da serapilheira acumulada de diferentes espécies florestais coletadas no inverno e verão. L: Folhas recém-depositadas (folhas novas); F: Folhas com algum estágio de decomposição; M: Miscelânea, todo material não identificável que passou na peneira de 9 mm; G: Galhos, frutos, cones (material mais lenhoso).

A criptomeria foi a espécie que apresentou as maiores concentrações de Ca para as frações L e F; e essas frações têm concentrações maiores desse elemento que as frações G e M. A castanha foi a espécie que, junto com a criptomeria, apresentou valores maiores de Ca nas frações L e F comparativamente as demais frações.

Na serapilheira de pinus, eucalypto, araucária e imbuia não foram observadas diferenças significativas entre as suas respectivas frações para o elemento Ca. Eucalypto, imbuia e araucária mostraram teores de Ca semelhantes para todas as frações.

Os tratamentos com pinus tiveram os menores teores de Ca principalmente nas frações L, F e M qcomparativamente às demais espécies. Porém esse elemento é o mais abundante na serapilheira perdendo apenas

para o N. Esses valores altos de Ca na serapilheira foram observados por Koehler (1989), Melo e Resk (2002), Viera e Schumacher (2010).

Segundo Dias *et al.* (2002), o cálcio é um elemento considerado imóvel e isto faz com que ele fique armazenado em forma de cristais na folha, permanecendo nela mesmo em sua senescência. Dessa forma, os plantios, absorvendo, via sistema radicular, o Ca de maiores profundidades e o devolvendo, via serapilheira, na superfície do solo, podem atuar melhorando a fertilidade deste, uma vez que disponibilizam esse elemento para ser reabsorvido pelas raízes finas que permeiam a camada de serapilheira acumulada ou estão na camada mais superficial do solo, colaborando na reposição desse elemento principalmente em solos com baixos teores de Ca, como o solo abaixo desses plantios.

4.2.5 Magnésio da serapilheira

Os teores de Mg na serapilheira não diferenciaram entre inverno e verão para a maior parte das espécies e frações (Figura 8).

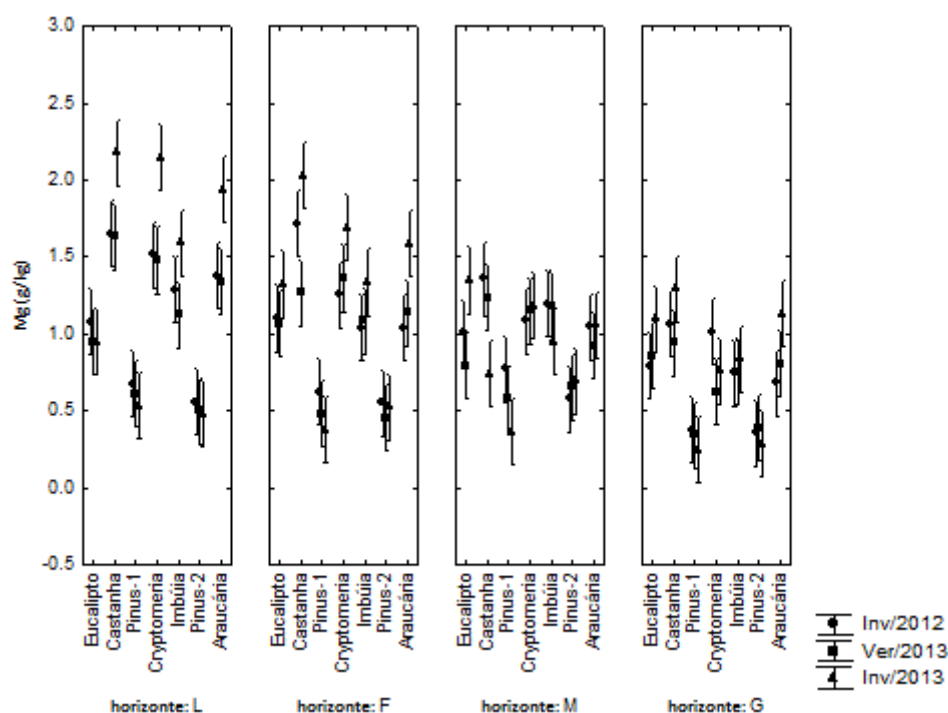


Figura 8. Teores de Mg da serapilheira acumulada de diferentes espécies florestais coletadas no inverno e verão. L: Folhas recém-depositadas (folhas novas); F :Folhas com algum estágio de decomposição; M: Miscelânea, todo material não identificável que passou na peneira de 9 mm; G:Galhos, frutos, cones (material mais lenhoso).

A Figura 8 expressa que houve diferença na concentração de Mg entre as frações de algumas espécies. Evidencia-se maiores concentrações de Mg no horizonte L e F, principalmente nas espécies castanha (T2), criptomeria (T4), imbuia (T5) e araucária (T7).

Nota-se que, como observado para Ca, os plantios de pinus (T3 e T6) concentram menores teores de Mg ($0,4$ e $0,5 \text{ g.kg}^{-1}$) em sua serapilheira comparativamente às demais espécies.

O eucalipto (T1) teve concentrações entre $1,0$ e $1,5 \text{ g.kg}$ de Mg sem muita diferença nas frações de sua serapilheira acumulada.

4.2.6 Carbono da serapilheira

A Figura 9 mostra os teores de carbono total das amostras de serapilheira coletadas no inverno e verão das diferentes espécies florestais estudadas.

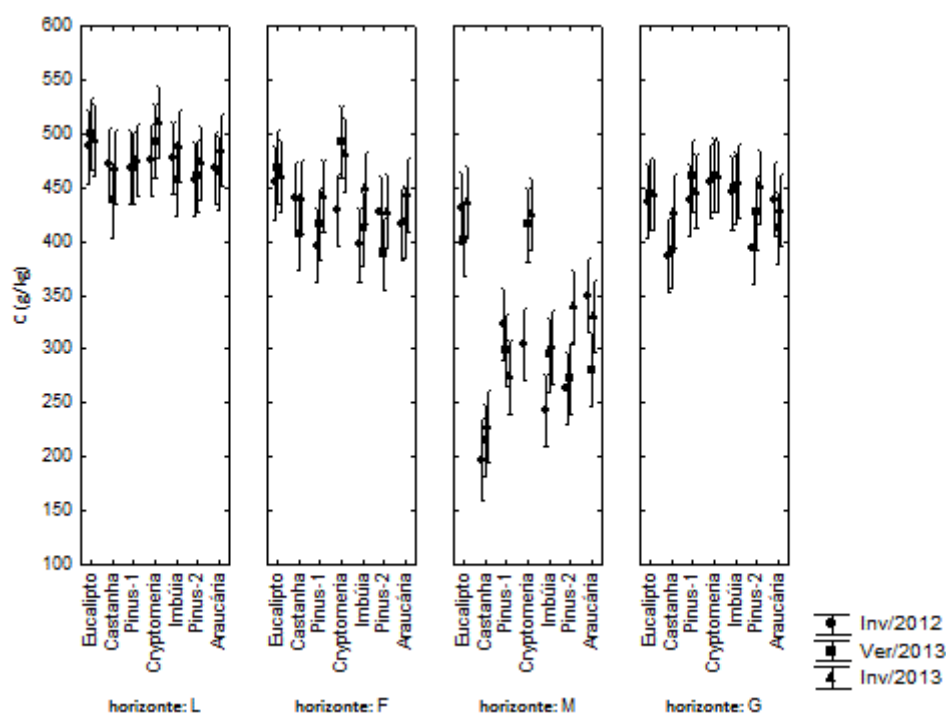


Figura 9. Teores de carbono total da serapilheira de diferentes espécies florestais coletadas no inverno e verão em Rio Negro-PR. L: Folhas recém-depositadas (folhas novas); F: Folhas com algum estágio de decomposição; M: Miscelânea, todo material não identificável que passou na peneira de 9 mm; G: Galhos, frutos, cones (material mais lenhoso).

Os teores de C não apresentaram diferenças significativas entre as coletas de inverno e verão, mostrando que esse fator não influencia nos teores desse elemento para as espécies em questão. Em compensação, verificaram diferenças entre as frações da serapilheira e entre as espécies.

A fração L para todas as espécies foi a que teve os maiores teores de C comparado às demais frações, seguidos da fração F e G. A miscelânea foi a que teve os menores teores de C, provavelmente explicados pela presença de solo nessa fração. Porém para o eucalypto (T1) os teores de C na fração M é mais alto, o que indica que o solo abaixo dessa espécie é rico em carbono comparada às demais espécies, isso corrobora com os teores altos de carbono encontrados nas análises de solo coletado sob essa espécie, detalhada no Capítulo A deste trabalho.

Entre as espécies destacam-se os teores de C encontrados no eucalipto (T1) e na criptomeria (T4) nas frações L e F, sendo os teores menores na fração F, relação essa observada também nas demais espécies. Porém, a diferença menor dos teores de C verificadas entre as frações L e F do eucalipto podem indicar uma taxa menor de decomposição para essa espécie, assunto este abordado no Capítulo C deste trabalho.

A espécie castanha (T2) foi a que apresentou os menores teores de C na fração G. Isso provavelmente ocorreu pelo fato do fruto dessa espécie estar inserido a esta fração, provavelmente implicando nos valores baixos de C na fração G dessa espécie.

4.2.7 Relação C/N da serapilheira

A Figura 10 mostra a relação C/N das amostras de serapilheira coletadas no inverno e verão das diferentes espécies florestais estudadas.

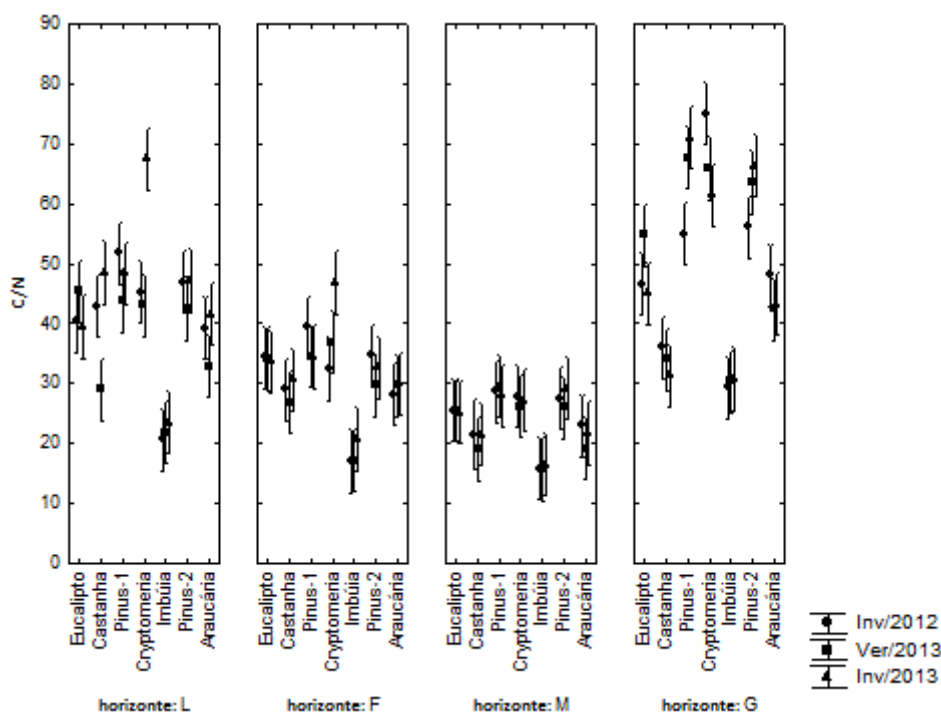


Figura 10. Relação C/N da serapilheira acumulada de diferentes espécies florestais em coletas de verão e inverno em Rio Negro-PR. L: Folhas recém-depositadas (folhas novas); F: Folhas com algum estágio de decomposição; M: Miscelânea, todo material não identificável que passou na peneira de 9 mm; G: Galhos, frutos, cones (material mais lenhoso).

Na relação CN também não foram observados valores distintos para as espécies nas diferentes épocas de coleta, tendência igualmente observada nos valores de N e C das amostras.

Na comparação entre as frações, observou-se altas relações C/N para a fração G, principalmente para as espécies *criptomeria* (T4), e para os dois plantios com pinus, T3 e T6. A alta relação C/N constatada na fração G pode acarretar processos mais lentos de decomposição de galhos e órgãos reprodutivos (cones), componentes específicos dessas espécies, comparativamente as demais espécies deste estudo.

A sequência decrescente de valores da relação C/N para as frações analisadas é a seguinte: $G > L > F > M$, para todas as espécies abordadas, exceto para a espécie *imbuia* (T5), que não apresentou diferença significativa para essa relação entre frações. Essa relação C/N mais baixa observada nas frações da serapilheira da *imbuia* deve-se às altas concentrações de N observadas na serapilheira dessa espécie e não ao teor de carbono, que é semelhante às demais espécies relatadas nesse trabalho.

4.3 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCAs)

A Figura 11 apresenta a análise de componentes principais para a fração L da serapilheira acumulada e coletada nas diferentes épocas do ano.

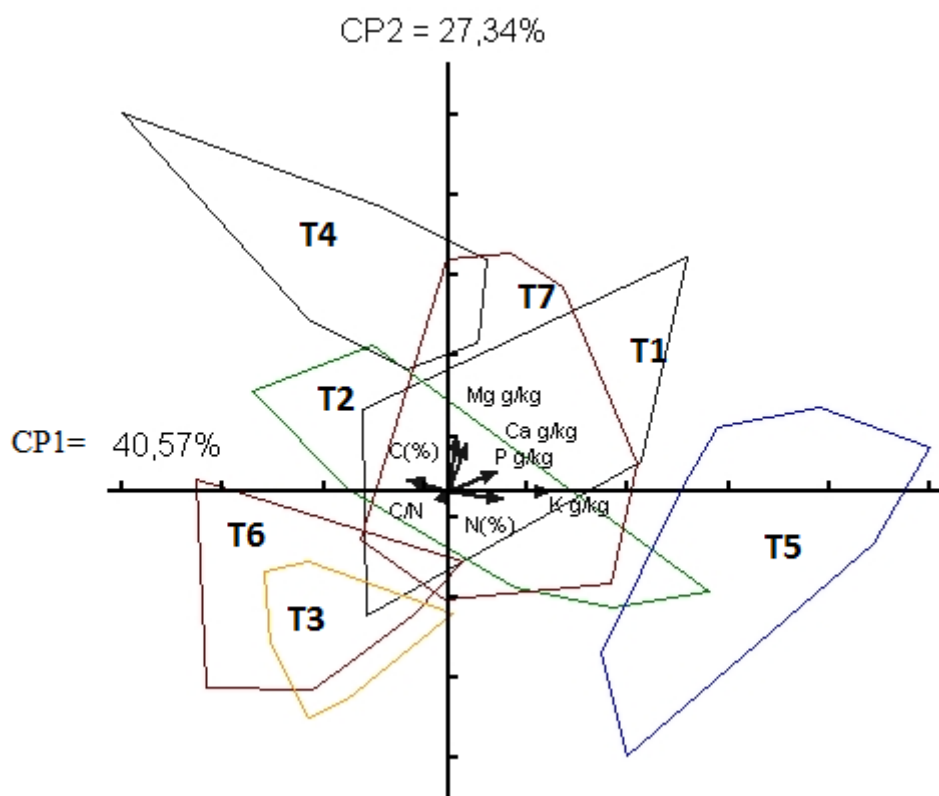


Figura 11. Análise de Componentes Principais da composição química, da fração L da serapilheira, de plantios florestais, em Rio Negro-PR. T1: *Eucalypto saligna*; T2: *Castanea sativa*; T3: *Pinus taeda*; T4: *Cryptomeria japonica*; T5: *Ocotea porosa*; T6: *Pinus taeda*; T7: *Araucaria angustifolia*.

A Figura 11 mostra as duas componentes principais (CP) que juntas explicam 67,91% dos dados, sendo que a CP1 tem o maior autovalor, e sendo assim é a que melhor explica a variância.

A CP1 condiciona principalmente a proximidade dos elementos K, P e N indicando que estas variáveis possuem correlações positivas entre si, ou seja, possuem os maiores scores, uma vez que são explicadas pela CP1. Isso mostra a grande relação da espécie imbuia (T5) com essas variáveis para a fração L da serapilheira, indicando altas concentrações desses elementos nas folhas recém-depositadas por essa espécie, teores esses já verificados nas análises estatísticas anteriores e pelos altos scores dessa espécie para essa componente principal.

A CP2 está explicando melhor as variáveis Ca, Mg e C, conforme valores altos de scores nessas variáveis para esta componente principal, podendo indicar que a espécie *criptomeria* (T4) está próxima desta CP, indicando concentrações maiores desses elementos nas folhas recém-depositadas por esta espécie. Scores positivos também para o eucalipto (T1) nessa componente, implicam em maiores concentrações de C na fração L dessas duas espécies, também verificado na análise estatística hierarquizada, relatada anteriormente nesse capítulo (Figura 7).

A Figura 12 representa a ACP da fração F da serapilheira acumulada nos plantios florestais.

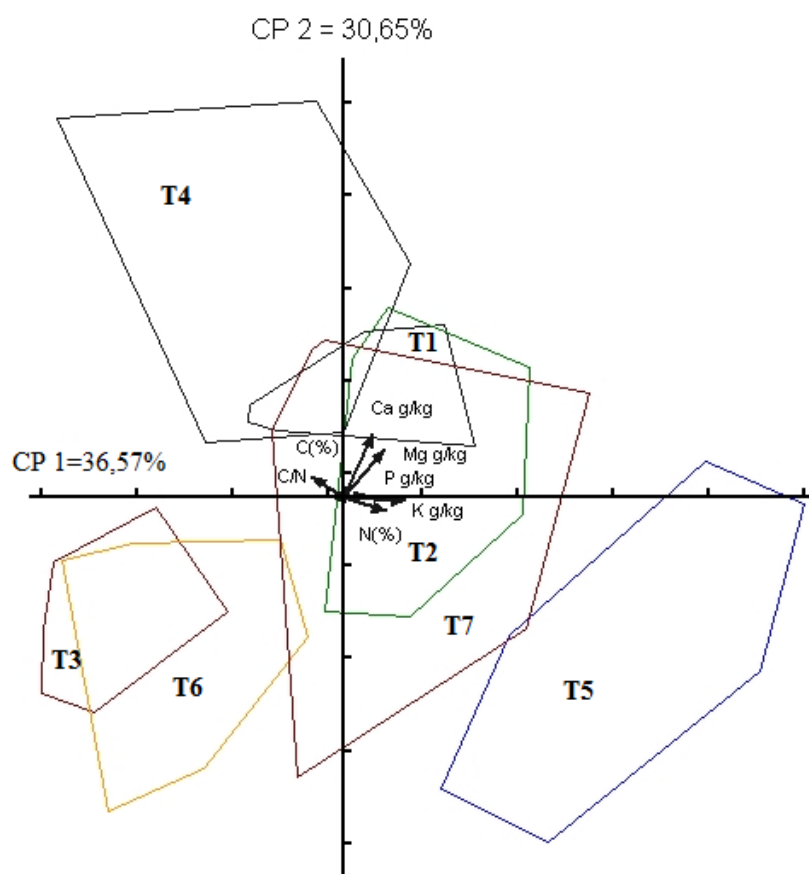


Figura 12. Análise de Componentes Principais da composição química da fração F da serapilheira de plantios florestais em Rio Negro-PR. T1: *Eucalipto saligna*; T2: *Castanea sativa*; T3: *Pinus taeda*; T4: *Cryptomeria japonica*; T5: *Ocotea porosa*; T6: *Pinus taeda*; T7: *Araucaria angustifolia*.

A tendência e agrupamentos demonstrados nessa ACP, são semelhantes a ACP da fração L da serapilheira, com autovalores 36,57% para a CP1 e 30,65% para a CP2, explicando 67 % da variância as duas juntas.

A CP1 está relacionada com as variáveis P, K e N e a CP2 com as variáveis Ca, Mg e C, conforme a ACP da fração L. As espécies se comportaram da mesma forma já descrita para a ACP da fração L, indicando que durante o processo de decomposição das folhas dessas espécies (passagem da fração L para a fração F), a composição química dessas frações se mantém. Isso pode ser comprovado pelos scores das ACP's dessas duas frações serem semelhantes (APÊNDICE 3).

A análise de componentes principais referente à fração M está demonstrada na Figura 13.

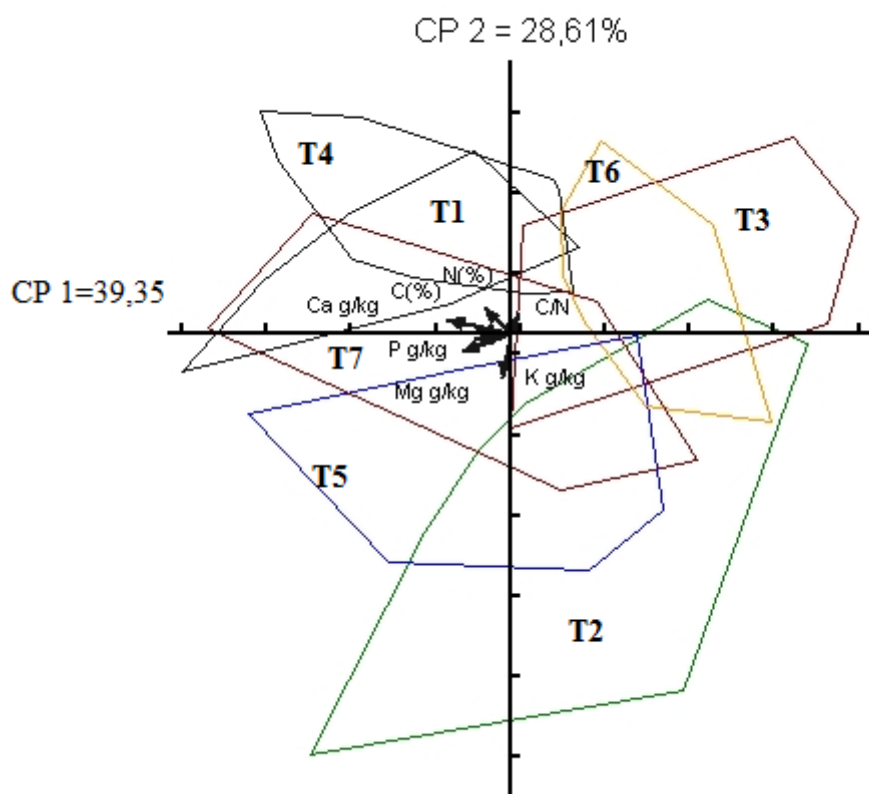


Figura 13. Análise de Componentes Principais da composição química da fração M da serapilheira de plantios florestais em Rio Negro-PR. T1: *Eucalipto saligna*; T2: *Castanea sativa*; T3: *Pinus taeda*; T4: *Cryptomeria japonica*; T5: *Ocotea porosa*; T6: *Pinus taeda*; T7: *Araucaria angustifolia*.

A ACP da fração M (Figura 13) mostra uma variação grande dentro dos tratamentos, isso muito se deve ao fato dessa fração ser recorrente do material fragmentado das demais frações, implicando nessa variação. Além disso, a fração miscelânea (M) no processo de coleta em campo acaba sendo “contaminada” com solo ajudando também na variação ilustrada e vista também nas demais análises estatísticas.

De certa forma, essa ACP mostra a alta correlação negativamente da CP1 com as variáveis Ca, P, Mg, N e C e também a correlação negativa da CP2 com a variável K e positivamente com as variáveis C e C/N. Portanto as espécies eucalipto (T1) e criptomeria (T4) estão correlacionadas com as variáveis C e C/N explicadas pela CP2 e firmadas pelos valores de scores (APÊNDICE 3).

A Figura 14 mostra as duas componentes principais (CP), sendo que a CP1 tem o maior autovalor 46,26%, e sendo assim é a que melhor explica a variância.

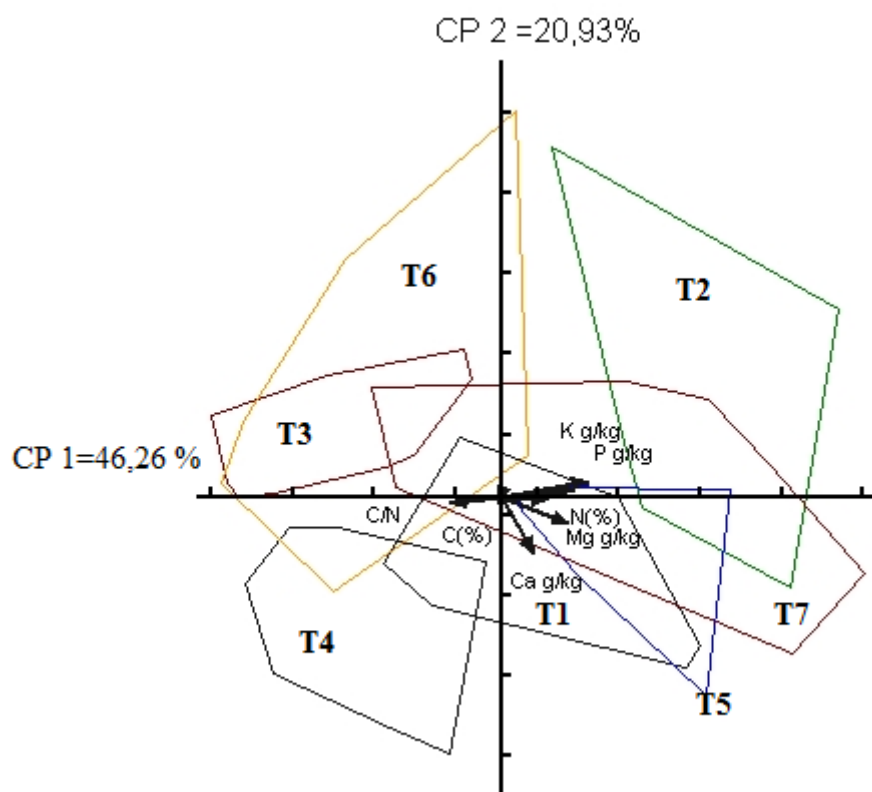


Figura 14. Análise de Componentes Principais da composição química da fração G da serapilheira de plantios florestais em Rio Negro-PR. T1: *Eucalypto saligna*; T2: *Castanea sativa*; T3: *Pinus taeda*; T4: *Cryptomeria japonica*; T5: *Ocotea porosa*; T6: *Pinus taeda*; T7: *Araucaria angustifolia*.

A CP1 condiciona principalmente a proximidade dos elementos K, P, Mg e N indicando que estas variáveis possuem correlações positivas entre si, ou seja, possuem os maiores scores, uma vez que são explicadas pela CP1. Essa ACP mostra a grande relação da espécie imbuia (T5) com as variáveis K, N, P e Mg, indicando altas concentrações desses elementos nos galhos dessa espécie, também verificados nos scores dessa espécie com a CP1.

A CP2 expressa uma relação de score alta negativamente com a variável Ca, isso ajuda a demonstrar os teores baixos de Ca encontrados na serapilheira do pinus I (T3) e pinus II (T6), já discutidos nas análises estatísticas anteriores.

Existe uma variação significativa do teor de nutrientes nos componentes da biomassa que em geral possuem a seguinte ordem: folhas > frutos e cascas > galhos > madeira (KOEHLER, 1989; CALDEIRA *et al.*, 1999).

Os teores de N, P e K são, frequentemente, maiores nas folhas mais novas, ao contrário de elementos imóveis ou menos móveis na planta, como Ca e Mg (BELL e WARD, 1984; EVARISTO, 1999). Para os nutrientes de maior mobilidade (N, K e P), os seus teores tendem a diminuir à medida que ocorre o envelhecimento das folhas (MAGALHÃES e BLUM, 1999). Isto foi observado tanto em coníferas como em folhosas (EVARISTO, 1999).

Desta forma, os teores de macronutrientes foram maiores para N e Ca na serapilheira acumulada das espécies florestais, com magnitude na seguinte ordem decrescente: N > Ca > Mg > K > P para a maioria das espécies.

Porém a sequência normalmente encontrada seria com o Ca como o elemento mais abundante na serapilheira, em muitos estudos (SCHUMACHER *et al.*, 2004; SCHUMACHER, 1992; VIERA e SCHUMACHER, 2010; CALDEIRA, 2003), pelo menos com eucalipto e pinus, por ser um elemento imóvel na planta (EVARISTO, 1999). A presença deste elemento, porém, está intimamente ligada aos estoques dele no solo. Os baixos valores encontrados no solo desse experimento devem ter influenciado na nutrição das espécies, causando a diminuição dos teores de Ca na serapilheira dessas espécies.

A sequência de magnitude dos elementos encontrados na serapilheira das espécies deste estudo apresentou-se assim: N > Ca > K > Mg > P para o eucalipto e imbuia, N > Ca > Mg > K > P para a castanha e para os dois plantios com pinus; N > Ca > Mg > P > K para a criptoméria e araucária.

Algumas espécies apresentaram a sequência diferenciada, como o eucalipto e a imbuia que apresentaram maiores teores de potássio que magnésio e ainda a criptomeria e a araucária que apresentaram maiores teores de fósforo comparado ao potássio em média nas suas serapilheiras acumuladas.

5. CONCLUSÕES

As espécies florestais apresentam diferenças quanto ao acúmulo de serapilheira no solo e de sua composição química.

As épocas de coleta não influenciaram no acúmulo de serapilheira no solo para as diferentes espécies florestais.

As espécies tiveram acúmulo diferenciado dentro das frações avaliadas. A araucária acumula maior quantidade de raízes, os pinus acumula mais na fração L, a castanha maiores valores para a fração G e eucalipto para a fração M e a imbuia tem a menor quantidade de serapilheira acumulada dentre essas espécies.

O nitrogênio e o cálcio foram os elementos que mais se concentraram na serapilheira das espécies florestais, tendo desta forma maior potencial de retorno ao solo florestal.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A.A.; PEREIRA, M.G.; DIAS, L.E.; CAMPELLO, E.F.C.; FARIA, S.M.. Dinâmica da serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.6, p.597-601, 2004.

BELL, D.T.; WARD, S.C. Foliar and twig macronutrients (N, P, K, Ca and Mg) in selected species of *Eucalyptus* used in rehabilitation: sources of variation. **Plant and Soil**, The Hague, v. 81, p. 363-376, 1984.

BRITEZ, R. M.; REISSMANN, CB; SILVA, SM; SANTOS FILHO, A. Deposição estacional de serapilheira e macronutrientes em uma Floresta de Araucária, São Mateus do Sul, Paraná. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo; **Revista do Instituto Florestal**, v.4, n.3, p.766-772, 1992.

CALDEIRA, M.V.W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma floresta ombrófila mista Montana em General Carneiro, Paraná**. Curitiba,PR. 2003. 176f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná.

CALDEIRA, M.V.W. PEREIRA, J.C.; SCHUMCHER, M.V.; DELLA-FLORA, J.B.; SANTOS, E.M. Comparações entre as concentrações de nutrientes nas folhas e no folheto em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. **Revista Arvore**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p.489-492, 1999.

CARPANEZZI, A. A. **Banco de sementes e deposição de folheto e seus nutrientes em povoamentos de Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) na região metropolitana de Curitiba-PR.** 1997. 177 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.

CHIARANDA, R.; POGGIANI, F.; SIMÕES, J. W. Crescimento das árvores e deposição de serapilheira em talhões florestais plantados em solos alterados pela mineração do xisto. **IPEF**, Piracicaba, n. 25, p. 25-28, jun. 1983.

DIAS, H. C. T.; FIGUEIRA, M. D.; SILVEIRA, V. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Lavras, Minas Gerais – Brasil. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 001-016, 2002.

EVARISTO, I.M.T.N. Contribuição para o estudo da vitalidade de algumas espécies florestais portuguesas: aspectos da nutrição e produtividade. **Silva Lusitânia**, Lisboa, v. 7, n. 2, p. 173-198, 1999.

FERREIRA, C. A. et al. Pesquisa sobre nutrição de pinus no sul do Brasil. **Revista da Madeira**, v.14, n.83, 2004.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 122p.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**. v. 26, p. 193-207, 2002.

GOLLEY, F.B. **Tropical rain forest ecosystems: structure and function.** Amsterdam: Elsevier, 1983.

GONZÁLEZ, M. I. M.; GALLARDO, J. F. El efecto hojarasca: una revisión. **Anales de Edafología y Agrobiología**, v.41, p.1130-1157, 1982.

HASSINK, J. The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles. **Plant Soil**, v.191, p.77-87, 1997.

KOEHLER, C. W.; REISSMANN, C. B.; KOEHLER, H. S. Deposição de resíduos orgânicos (serapilheira) e nutrientes em plantio de *Araucaria angustifolia* em função do sítio. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, v.9, n.1, p.89-96, 1987.

KOEHLER, W. C. **Variação estacional de deposição de serapilheira e de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* na região de Ponta Grossa-PR.** 1989. 138f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 1989.

MAGALHÃES, L.M.S.; BLUM, W.E.H. Concentração e distribuição de nutrientes nas folhas de espécies florestais, na Amazônia Ocidental. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 6, n. 1, p. 127-137, jan./dez., 1999.

MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C. B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2007.

MCCUNE, B. & JAMES B. **Grace Analysis of Ecological Communities.** MJM, 300p. 2002, Oregon USA.

MELO, J. T.; RESCK, D. V. S. Retorno, ao solo, de nutrientes de serapilheira de pinus no cerrado do Distrito Federal. Planantina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 18p. (**Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Cerrados, 75**).

NEVES, E. J. M.; MARTINS, E. G.; REISSMANN, C. B. Deposição de serapilheira e de nutrientes de duas espécies da Amazônia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.43, p.47-60, 2001. (Edição Especial).

PAGANO, S.N. ; DURIGAN, G. Aspectos da ciclagem de nutrientes em Matas Ciliares do oeste do Estado de São Paulo, Brasil. In: R.R. RODRIGUES H.F. LEITÃO FILHO. **Matas ciliares: conservação e recuperação.** Editora da USP/Fapesp, São Paulo, p.109-123, 2000.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J. L.; BENEDETTI, V. (Eds.) **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2000. p.285-306.

PRITCHETT, W. L. **Properties and management of forest soils.** New York: John Wiley, 1979. 500p.

SANCHEZ, P. A. **Properties and management of soils in the tropics.** New York: John Wiley and Sons, 1976. 409p.

SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torrelliana* F. Mesell.** 1992. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1992.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E.J.; HERNANDES, J.I.; KÖNIG, F.G. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (bertol.) kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, v.28, n.1, p.29-37, 2004.

VIERA, M.; SCHUMACHER, V. Teores e aporte de nutrientes na serapilheira de *Pinus taeda* L., e sua relação com a temperatura do ar e pluviosidade. **Revista Árvore**, v.34, n.1, p.85-94, 2010.

VITAL, A. R. T. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma Floresta Estacional Semidecidual em Zona Ripária. **Revista Árvore**, v.28, n.6, p.793-800, 2004.

WARING, R.; SHELESINGER, W. H. Forest ecosystems. Concepts and management. Academic Press, 1985.

Xu, X. N.; Hirata, E. Forest floor mass and litterfall in *Pinus luchuensis* plantations with and without broad-leaved trees. **Forest Ecology and Management**, v.157, p.165-173, 2002.

ZAR, J. H. 1999. **Biostatistical analysis**. Prentice-Hall, New Jarsey. 666p.

CAPÍTULO C: MINERALIZAÇÃO DO NITROGÊNIO DO SOLO, SOB PLANTIOS COM DIFERENTES ESPÉCIES FLORESTAIS EM RIO NEGRO, PR.

1. INTRODUÇÃO

O nitrogênio é encontrado em diferentes compostos orgânicos, dentre eles vários aminoácidos orgânicos e ácidos nucleicos. Este elemento é, para a maior parte das plantas, o elemento quantitativamente mais exigido e, portanto, fator limitante ao crescimento e produção das plantas (Epstein e Bloom, 2006) e, conseqüentemente, para muitos ecossistemas florestais.

A matéria orgânica do solo (MOS) é a principal fonte de carbono e de elétrons para os microrganismos do solo e fonte de nitrogênio (N) para as plantas (PATRIK, 1982).

Os teores de matéria orgânica e N-total do solo têm estreitas relações com os potenciais de mineralização dos solos florestais. Assim sendo, quanto maior o potencial produtivo de biomassa ou de deposição de serapilheira do ecossistema, maior é o aporte de matéria orgânica do solo, conseqüentemente, maior a quantidade de N mineralizado e maior a disponibilidade de N (GONÇALVES *et al.*, 2001).

A disponibilidade do N proveniente da MOS, durante o crescimento da floresta, está em função, principalmente, de fatores bióticos e abióticos, incluindo o histórico de cultivo, manejo, clima (temperatura e disponibilidade de água) e a interação com o ciclo do C no solo (GRIFFIN, 2008).

Os processos biogeoquímicos que acontecem no solo são muitas vezes compreendidos devido à disponibilidade de N nos ecossistemas. A formação de NH_4^+ acontece devido à mineralização da matéria orgânica por microrganismos heterotróficos em condições redutoras (amonificação); já o NO_3^- é formado pela oxidação do NH_4^+ através das bactérias aeróbias do gênero *Nitrossomonas* e *Nitrobacter* (nitrificação) (BLACK, 1968).

O N pode ser absorvido pelas plantas em diferentes formas: N₂, por meio de bactérias fixadoras de N (espécies leguminosas); em algumas condições, na forma de NH₃ (gás amônia) pelas folhas e como ureia; e nas formas mais comuns, N mineral N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻, amônio e nitrato, respectivamente, sendo o nitrato a forma predominante, decorrente do processo de nitrificação no solo (SORREANO *et al.*, 2012).

O ânion NO₃⁻ raramente é adsorvido, além de ter grande mobilidade na solução do solo, influenciando a perda de N via lixiviação e a emissão gasosa; sua absorção possui dependência relativa da densidade radicular, variando de espécie para espécie, e suas reservas podem ser utilizadas de forma eficiente. Já o cátion NH₄⁺ é adsorvido na argila e na matéria orgânica, possui baixa mobilidade e celeridade empobrecimento nas proximidades das raízes. Logo, a utilização de reservas de NH₄⁺ depende mais do crescimento de densidade radicular que o NO₃⁻ (SPRENT, 1987; CAMARGO *et al.* 1999; CAMARGO *et al.*, 1997; BLACK, 1968).

As diferentes classes de solos possuem capacidades distintas de disponibilização de N pela mineralização, conforme as características químicas, físicas e microbiológicas. Existem diversos fatores que influenciam a quantidade de N mineralizado no solo em determinado período de tempo: temperatura, umidade, aeração, quantidade e natureza do material orgânico presente, são alguns desses fatores (MARY *et al.*, 1996; CAMARGO *et al.* 1997; SERRANO e GONÇALVES, 1997).

A mineralização do nitrogênio nas frações mais lábeis da matéria orgânica ocorre nos períodos iniciais do processo, normalmente nas primeiras semanas. Os componentes mais estáveis da MOS, representados por substâncias húmicas e outras macromoléculas, são, por sua vez, resistentes ao ataque microbiano, devido à sua estrutura molecular; ou por estarem fisicamente protegidos em complexos organominerais ou retidos no interior de agregados, persistindo no solo por mais tempo, podendo chegar a centenas de

anos para sofrerem a mineralização (STEVENSON, 1994; THENG *et al.*, 1989; MENGEL, 1996; GEYPENS e VANDERDRIECHE, 1996).

A determinação do potencial de mineralização do nitrogênio tem sido pauta de diversos estudos (STANFORD e SMITH, 1972; WARING e BREMNER, 1964; CAMARGO *et al.*, 1997). Desde o modelo proposto por Stanford e Smith (1972), ao longo do tempo, têm sido propostos diversos métodos para a estimativa de taxas de mineralização de nitrogênio. Os métodos de incubação em laboratório, seja aeróbico ou anaeróbico, têm sido promissores pela sua facilidade e no controle de fatores externos como a temperatura (STANFORD e SMITH, 1972; WARING e BREMNER, 1964).

A inclusão de diversas variáveis nos modelos matemáticos resulta em melhora nos ajustes, mas dificulta a compreensão do seu significado biológico (WANG *et al.*, 2003). Neste caso, não são raros os trabalhos que utilizam modelagem matemática complexa, mas que não exploram a utilização prática e agrônômica dos resultados (YAGI *et al.*, 2009). Assim sendo, o nitrogênio mineralizado acumulado ou N potencialmente mineralizável, podem ser avaliados por meio dos gráficos que representam os valores observados durante os ensaios de mineralização em laboratório, e que revelam diferenças quanto à qualidade da MOS nos diferentes materiais estudados.

Apesar desses métodos de incubação em laboratório não avaliarem o efeito das condições ambientais na disponibilidade de N (GONÇALVES *et al.*, 2008), esses métodos podem contribuir para a comparação da mineralização da serapilheira depositada por diferentes espécies florestais, a qual não poderia ser avaliada em condições de campo (BINKLEY e HART, 1989; GONÇALVES *et al.*, 2001, 2008; LAMB, 1980), pois outras variáveis ambientais poderiam confundir os resultados.

2. OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica da mineralização de nitrogênio da MOS sob diferentes espécies florestais e o efeito das estações climáticas sobre esta mineralização.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Na área de estudo, já descrita no Capítulo A, foram coletados solos sob as espécies implantadas, onde se esperava checar ao mesmo tempo o efeito das espécies e eventual efeito do solo sobre a mineralização do nitrogênio.

No campo, sob o plantio de cada uma das espécies, foram coletadas cinco amostras aleatórias de solo (cinco repetições para cada espécie e época do ano), na profundidade de 0-5 cm, as quais foram passadas em peneiras de 4 mm de malha, ainda no campo. Com auxílio de um cachimbo metálico (10 cm^3), foram retiradas duas sub-amostras, uma para determinação da umidade de campo e outra para o ensaio de mineralização. Esta última foi colocada em tubo de centrífuga contendo 30 mL de solução extratora de KCl 2 mol L^{-1} (Figura 1). As amostras foram então encaminhadas ao laboratório, ao final do período de coletas.

3.1 ENSAIO DE MINERALIZAÇÃO

Para o ensaio de mineralização de N sob condições anaeróbicas, utilizou-se o método descrito por Waring e Bremner (1964). A coleta e preparo das amostras, para o ensaio de mineralização, entretanto, foram uma adaptação do procedimento realizado por Jussy (1998). Posteriormente iniciou-se o processo de incubação anaeróbica das amostras usando-se metodologia adaptada de Gonçalves *et al.* (2001). Foram coletadas amostras no inverno/2012, verão/2013 e inverno/2013, compondo desta maneira três ensaios.



Figura 15. Ilustração do peneiramento e preparo das amostras de solo e de sua colocação em tubos contendo solução extratora de KCl 2 mol L⁻¹, para ensaio de mineralização anaeróbica em laboratório.

No laboratório, 24 horas após as coletas no campo, realizou-se a extração das alíquotas, posteriormente à agitação das amostras por 45 minutos e centrifugação por 10 minutos a uma velocidade de 2500 RPM. As amostras foram então filtradas com filtro de filtragem rápida, previamente preparados com uma lavagem com 20 mL de KCl 2 mol L⁻¹ e 3 lavagens consecutivas de 20 mL de H₂O deionizada, para eliminar resíduos de amônio e nitrato que pudessem contaminar as amostras. Essa extração inicial foi denominada de ponto zero (zero dias).

Para a incubação, em cada tubo, foram adicionados 30 mL de solução nutritiva contendo Na₃PO₄ (0,005 mol L⁻¹), MgSO₄ (0,002 mol L⁻¹) e CaCl₂ (0,005 mol L⁻¹). A seguir, eles foram agitados manualmente para dispersão do solo e levados para incubadora, onde permaneceram a uma temperatura de 30°C. Passados 15 dias de incubação, realizou-se a segunda extração, e assim prosseguiram-se as demais extrações em intervalos de 15 dias entre as mesmas até 75 dias de incubação. Para as respectivas extrações foi adicionado, na solução nutritiva de cada tubo, 5,2 g de KCl (sal anidro), para obter uma concentração de 2 mol L⁻¹ de KCl. Os tubos foram em seguida

agitados e centrifugados da mesma forma descrita para extração do ponto zero. Entre uma extração e outra, durante os períodos de incubação, as amostras nos tubos permaneceram imersas na solução nutritiva.

A determinação do N mineral (N-NH_4^+ e N-NO_3^-) foi feita na solução sobrenadante filtrada. Nitrito não foi analisado e nitrato + nitrito foi considerado como N-NO_3^- , uma vez que essa forma é predominante em solos florestais (VILLELA e PROCTOR, 1996).

Para as leituras de nitrato utilizou-se o método de determinação por UV a 210 nm, com redução química do nitrato utilizando-se zinco metálico, adaptado de Heinzmann *et al.* (1984) e para determinação do NH_4^+ foi utilizada metodologia baseada no método de determinação do amônio em extrato aquoso, descrito em Apha (1995).

A preparação das amostras para leitura de nitrato procedeu-se como descrito a seguir. Diluiu-se 5 mL do extrato em 0,8 mL de H_2SO_4 em um frasco de 10 mL e completou-se com água deionizada para completar volume de 10 mL. A leitura foi feita a 210 nm em espectrofotômetro Shimadzu UV Mini 1240. Em duplicata de cada amostra, foram adicionados 0,1 g de zinco metálico para a redução do nitrato. Após 24 horas de reação, a leitura foi realizada na duplicata. A diferença dos valores de leitura nas amostras, com e sem zinco metálico, expressa o teor de nitrato na solução extratora.

Para a determinação de amônio, foi diluído 1 mL ou 5mL do extrato (essa quantidade varia dependendo da concentração de amônio na amostra) em 0,2 mL de solução alcoólica de fenol, 0,2 mL de solução de nitroprussiato sódico, 0,5 mL de solução oxidante, sendo completado o volume de 10 mL com água deionizada. Aguardou-se 1 hora para o desenvolvimento da cor antes de submetê-las à leitura no espectrofotômetro Shimadzu UV Mini 1240, em comprimento de onda de 640 nm.

O cálculo para estimar o nitrogênio potencialmente mineralizável (NPM) foi obtido da soma dos valores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- obtidos das extrações realizadas a cada 15 dias durante o ensaio de mineralização em laboratório.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MINERALIZAÇÃO DO NITROGÊNIO

A dinâmica de mineralização durante o período dos ensaios mostrou que o nitrogênio alcançou um pico máximo de liberação aos 15 dias de incubação e um decréscimo de forma gradativa até o final dos 75 dias, para todas as espécies abordadas neste estudo (Figura 16). Este comportamento, nesse período inicial, é explicado pela maior facilidade de decomposição do material mais facilmente decomponível (CHEW *et al.*, 1976; VAHL, 1999; CAMARGO *et al.*, 1997; GONÇALVES *et al.*, 2001; PULITO, 2009).

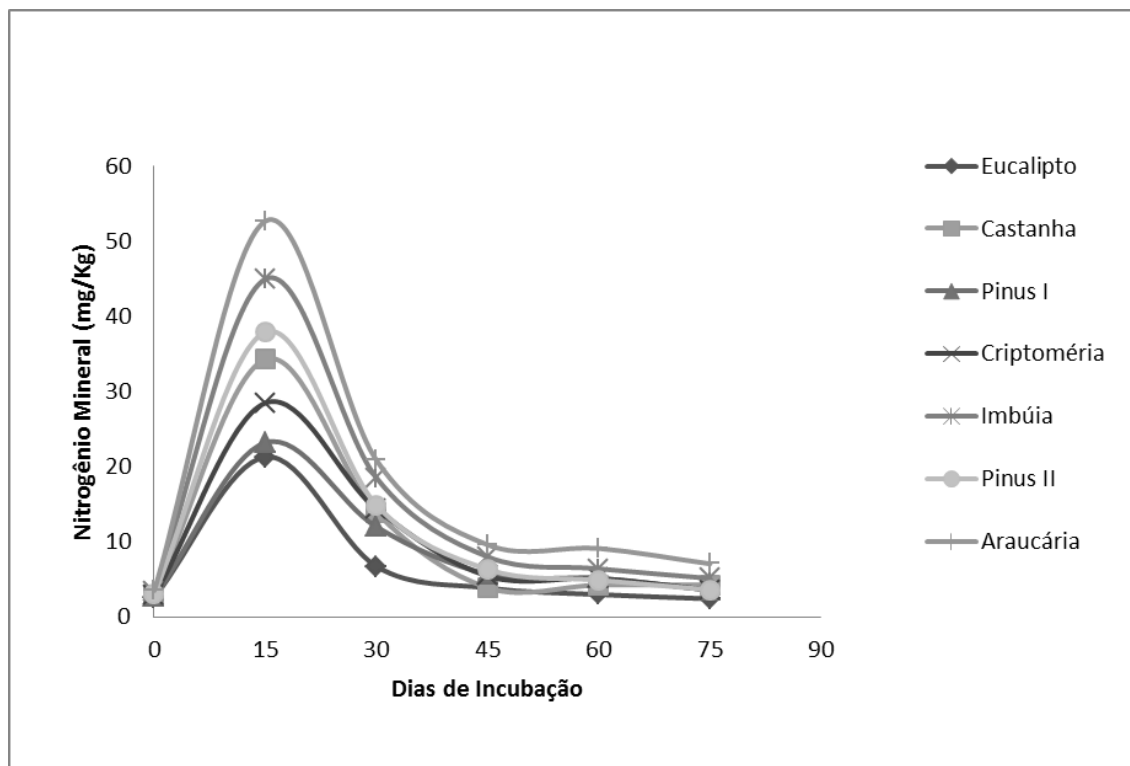


Figura 16. Dinâmica de mineralização de N no solo sob diferentes espécies florestais das coletas de verão 2013.

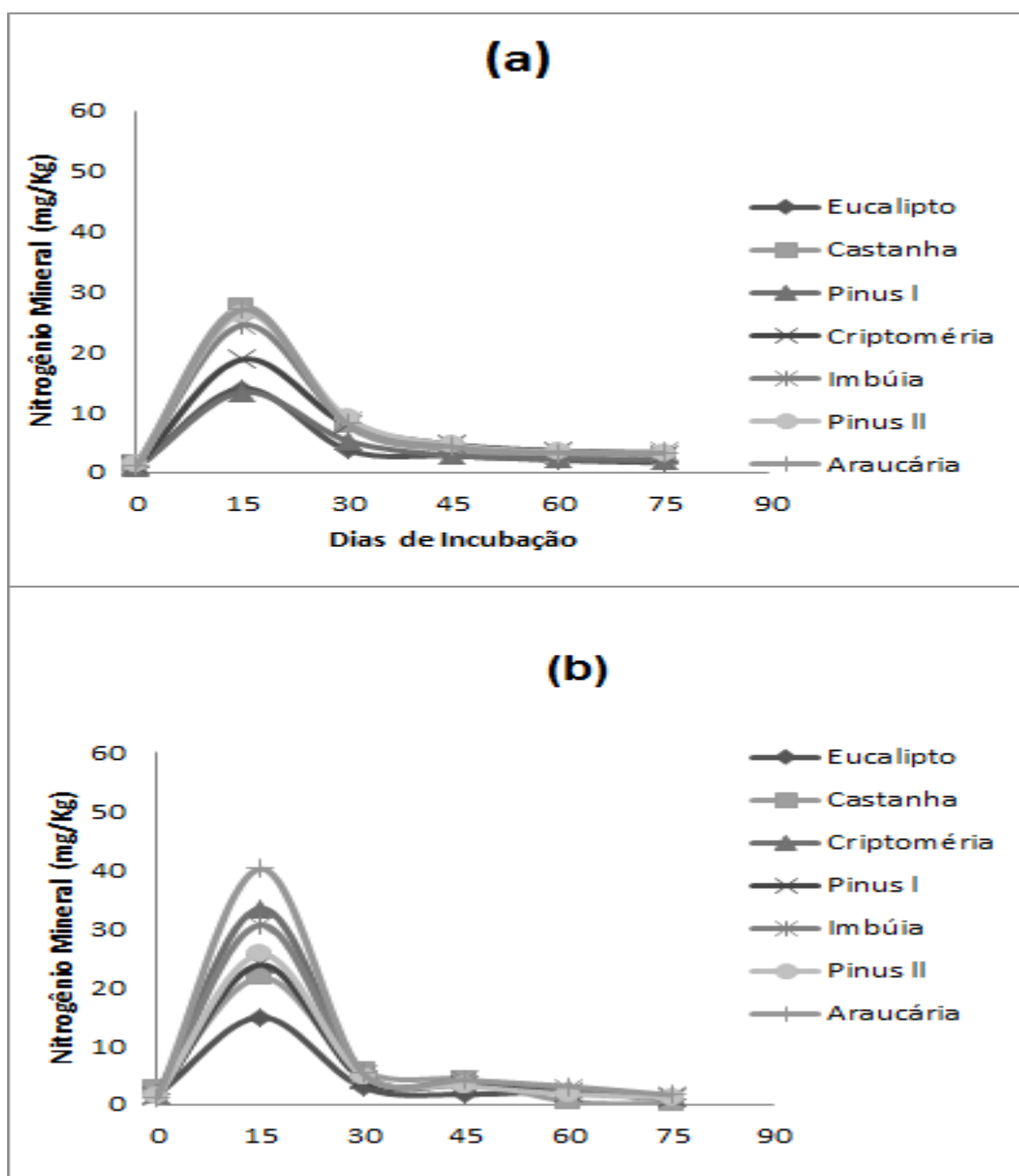


Figura 17 Dinâmica de mineralização de N no solo sob diferentes espécies florestais das coletas de inverno 2013 (a) e inverno 2012 (b).

O efeito da estação do ano sobre a mineralização do N pode ser observado na Tabela 4, onde todas as espécies estudadas apresentaram valores menores no inverno.

Segundo Pulito (2009), as temperaturas médias mais elevadas e os maiores índices pluviométricos encontrados no verão são os fatores que mais

influenciam o crescimento da população microbiana e, por sua vez, a taxa de mineralização do nitrogênio. Este mesmo autor observou também que quando se faz um ensaio de mineralização com amostras de solo coletadas no verão, incuba-se uma maior população microbiana, contribuindo para uma taxa de mineralização mais alta, demonstrando que fatores climáticos influenciam na disponibilidade de nitrogênio para as plantas.

Nota-se uma razão de aproximadamente duas vezes mais nitrogênio potencialmente mineralizável (NPM) nas amostras de solos coletadas no verão, comparada ao inverno, para todas as espécies avaliadas nesse estudo (Tabela 4). Variações nas taxas de mineralização do nitrogênio, em função da época de coleta foram observadas em outros estudos (KHANNA, 1990; GONÇALVES *et al.*, 2001).

Tabela 4. Nitrogênio potencialmente mineralizável no solo sob diferentes espécies florestais, no inverno e no verão, em Rio Negro, PR.

Tratamento	Inverno 2012	Verão 2013	Inverno 2013
mg N kg solo ⁻¹			
Eucalipto	33,96b	64,31a	35,55b
Castanha	41,43b	82,17a	51,33b
Pinus I	58,17b	86,69a	36,29b
Criptomeria	46,26b	92,39a	47,72b
Imbuia	54,79b	116,00a	55,42b
Pinus II	47,6b	97,22a	55,28b
Araucária	65,45b	131,50a	57,06b

Médias seguidas pelas mesmas letras, na horizontal, não diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pode-se observar também que no inverno os valores de NPM variam menos entre as espécies estudadas. No verão foi identificado efeito das espécies sobre os valores de NPM. A sequência decrescente de mineralização foi a seguinte: Araucária > Imbuia > Pinus II > Cryptomeria > Pinus I > Castanha > Eucalipto.

A araucária e a imbuia foram as espécies que tiveram uma quantidade maior de nitrogênio mineralizado nas coletas de solos no verão/2013, 131,5 mg N kg solo⁻¹ e 116,0 mg N kg solo⁻¹ respectivamente. Evidencia-se ainda que essas espécies são naturais da região onde foi realizado o estudo,

pertencentes à Floresta Ombrófila Mista, formação florestal natural do Bioma Mata Atlântica. Apesar de a araucária apresentar concentrações menores de N na serapilheira acumulada do que a imbuia, sua taxa de mineralização apresentou-se maior e, conseqüentemente, seu NPM. A “vantagem doméstica” (GHOLZ *et al.*, 2000) representada por esse fato mostra que a população microbiana decompositora tende a ser mais eficiente na serapilheira das espécies naturais da região de estudo.

Os plantios de Pinus I e II apresentaram valores próximos de nitrogênio mineralizável, com valores entre 86,69 e 97,22 mg N kg solo⁻¹ no solo coletado no verão, valores esses acima dos encontrados em plantios de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em solos de Agudos-SP (44 mg N kg solo⁻¹) por Gonçalves *et al.* (2001). O solo sob *Eucalyptus saligna* apresentou os menores valores de NPM, apesar de mostrar os maiores teores de carbono orgânico do solo (Tabela 1).

Apesar de alguns trabalhos mostrarem que existe uma relação direta entre o teor de carbono orgânico total do solo com a taxa de mineralização do nitrogênio, outros fatores devem ser considerados (VAHL, 1999; SILVA *et al.*, 2008), como época de coleta e qualidade da matéria orgânica do solo. Os valores mais elevados da relação C/N do solo, nas plantações de eucalipto (Tabela 1, CAPÍTULO A), juntamente com a baixa diferença nos teores de N na fração L e F da serapilheira de eucalipto (Capítulo B), indicam uma matéria orgânica do solo mais recalcitrante, que poderia explicar a menor liberação de nitrogênio, pois a mineralização do nitrogênio orgânico do solo está diretamente relacionada com o caráter lábil ou recalcitrante das frações da MO e com a atividade dos grupos microbianos que as utilizam (CAMARGO *et al.*, 1997). Este fato também foi observado em outros estudos com essa espécie (MONTERO, 2008; LIMA *et al.*, 2006; MAQUERE *et al.*, 2008).

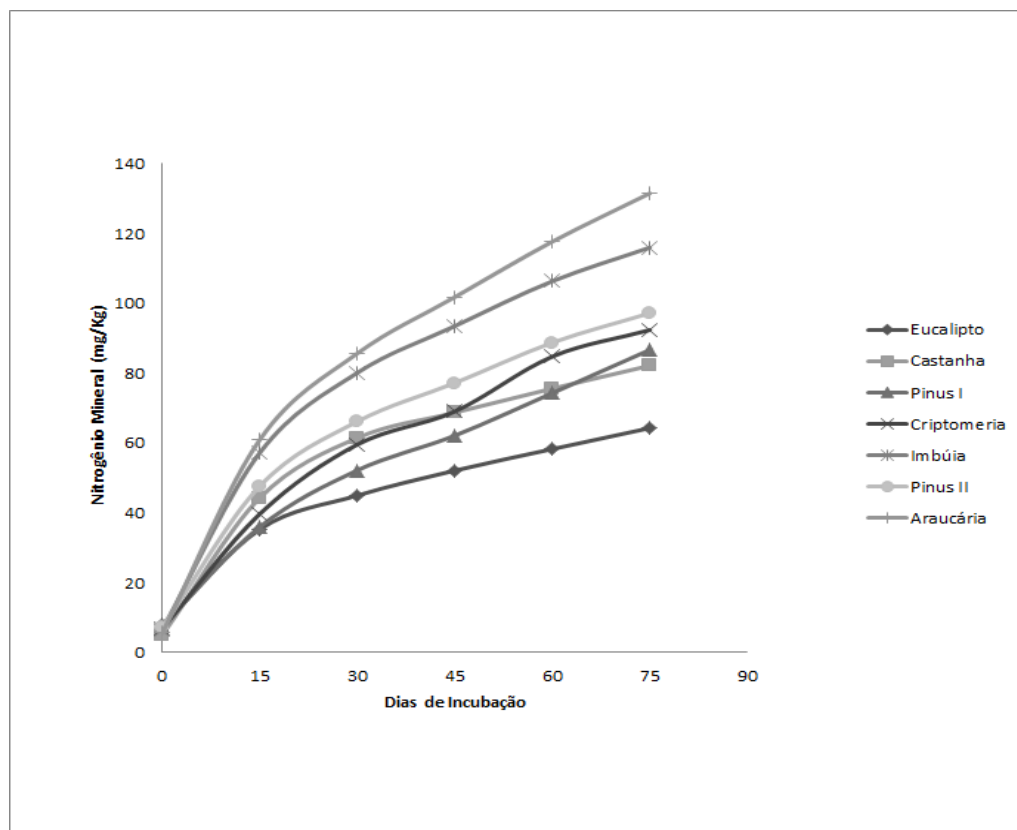


Figura 18. Nitrogênio mineral acumulado ao longo do período de 75 dias de incubação dos solos coletados sob diferentes espécies florestais, no verão de 2013.

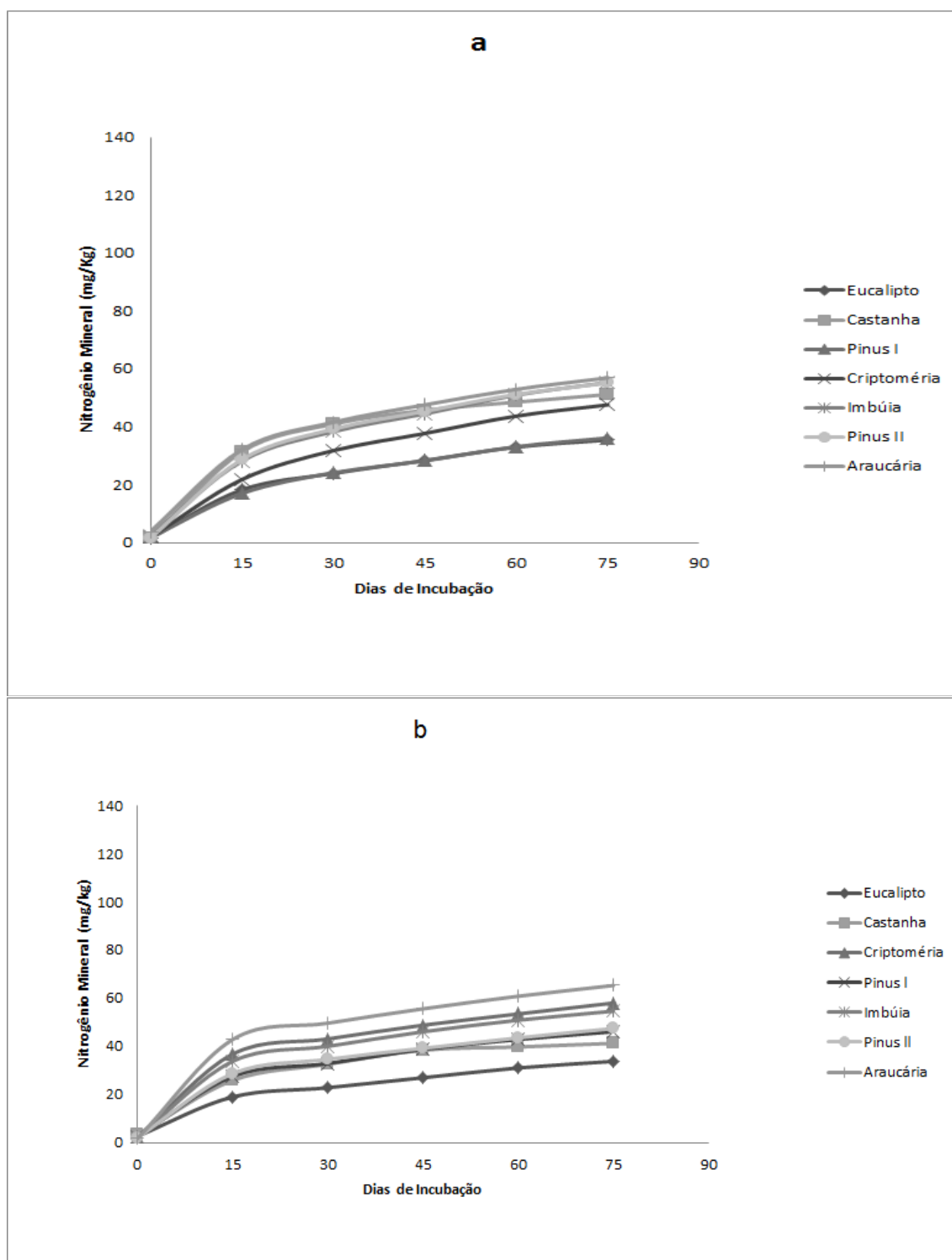


Figura 19 Nitrogênio mineral acumulado ao longo do período de 75 dias de incubação dos solos coletados sob diferentes espécies florestais, inverno 2013 (a) e inverno 2012 (b).

As Figuras 18 e 19 mostram o nitrogênio mineralizado acumulado durante o ensaio de incubação das amostras de solo coletadas, no verão e

inverno, sob os plantios florestais das diferentes espécies. A menor mineralização acumulada, nos ensaios com amostras coletadas nos períodos de inverno, sugere uma maior população microbiana nas amostras de verão, conforme sugerido por Pulito (2009). Pode-se observar também que, para as coletas de verão, a mineralização aos 75 dias de incubação ainda não se estabilizou completamente enquanto que na coleta de inverno a estabilização se mostra próxima, reforçando a presença de uma maior população microbiana nestas amostras de verão.

5. CONCLUSÕES

As diferentes espécies florestais podem influenciar na mineralização do nitrogênio do solo, sendo este efeito um resultado das diferenças com relação à qualidade da matéria orgânica adicionada aos solos ao longo dos anos pelas diferentes espécies.

A vantagem doméstica parece ter favorecido a mineralização do N do solo sob as espécies florestais nativas. As curvas de mineralização do nitrogênio indicam que o “efeito doméstico” implica nesse processo, podendo supor que espécies naturais decompõem mais rapidamente seu material vegetativo depositado e, por outro lado, espécies florestais exóticas decompõem mais lentamente, implicando em estoques de nutrientes em longo prazo.

6. LITERATURA CITADA

APHA, A. E. G.; AWWA, A. D. E.; WEF, L. S. C. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington D. C.; **American Public Health Association**, 1995.

BALDANZI, G.; ARAÚJO, A. J. de. Ensaio comparativo de espécies e procedências de Pinus, na Estação de Pesquisas Florestais de Rio Negro-PR. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 86- 89, 1971.

BINKLEY, D.; HART, S.C. The components of nitrogen availability assessments in Forest soils. **Advances in Soil Science**, Bushland, v.10, p 57-112, 1989.

BLACK, C.A. **Soil-plant relationships**. New York: John Wiley, 1968. 792p.

CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C.; VIDOR, C. Potencial de mineralização de nitrogênio orgânico em solos o Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, 22: 575-580, 1997.

CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, M.J.T.; VIDOR, C. Nitrogênio orgânico no solo. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds) **Fundamentos da matéria orgânica – Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999, 508p.

CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.87-100.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC (CQFS). Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre: **NRS/SBCS**, 2004.

CHEW, W.Y.; WILLIAMS, C.N.; JOSEPH, K.T.; RAMLI, K. Studies on the availability to plants of soil nitrogen in Malaysian tropical oligotrophic peat. I – Effect of liming and pH. **Tropical Agriculture**, 53: 69-78, 1976.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solo. **Manual de Métodos de análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.

EPSTEIN, E; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Tradução: NUNES, M.E.T. Ed. Planta. Londrina. 2006. 401p.

GEYPENS, M.; VANDERDRIECHE, H. Advisory systems for nitrogen fertilizer recommendation. **Plant Soil**, The Hague, 181:31-38, 1996.

GONÇALVES, J.L.M.; MENDES, K.C.F.S.; SASAKI, C.M. Mineralização de nitrogênio em ecossistemas florestais naturais e implantados do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 601-616, 2001.

GONÇALVES, J.L.M.; ICHERT, M.C.P.; GAVA, J.L.; SERRANO, M.I.P. Soil fertility and growth of Eucalyptus grandis in Brazil under different residue management practices. In: NAMBIAR, E.K. (Ed.). **Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests**. Bogor: Cifor, 2008, p. 51-62.

GRIFFIN, T. S. Nitrogen availability. In: SCHEPERS, J. S.; RAUN, W. R. (Ed.). **Nitrogen in agricultural soils**. Agronon. Monogr. 49. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, p. 616-646, 2008.

Gholz, H.L., Wedin, D.A., Smitherman, S.M., Harmon, M.E., Parton, W.J., Longterm dynamics of pine and hardwood litter in contrasting environments: toward a global model of decomposition. **Glob. Change Biol.** 6, 751–765, 2000.

HEINZMANN, F.X.; MIYAZAVA, M.; PAVAN, M.A. Determinação de nitrato por espectrofotometria de absorção ultravioleta. **R. Bras. Ci. Solo**, 8: 159-163, 1984.

KHANNA, P.K. Measurement of changes in the nitrogen status of Forest soils due to management practices. In: International symposium on forest soils, 1____ 1990, Harbin, China, **Proceedings...** Harbin, 1990. 1v.

KOEHLER, C.W. **Variação estacional da Deposição de serapilheira e de nutrientes em povoamentos de Pinus taeda na região de Ponta Grossa-PR.** 169f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná. 1989.

JUSSY, J-H. **Minéralisation de l'azote, nitrification et prélèvement radiculaire dans différents écosystèmes forestiers sur sol acide. Effet de l'essence, du stade de développement du peuplement et de l'usage ancien des sols.** 156f. (Tese de Doutorado), Université Henri Poincaré, Nancy, 1998.

LAMB, D. **Soil nitrogen mineralization in a secondary rainforest succession.** *Oecologia*, 47:257-263, 1980.

LIMA, A.M.N.; SILVA, I.R.; NEVES, J.C.L; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F; MENDONÇA, E.D.; SMYTH, T.J; MOREIRA, M.S.; LEITE, F.P. Soil organic carbon dynamics following afforestation of degraded pastures with eucalyptus in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 235, p. 219-231, 2006.

MAQUERE, V.; LACLAU, J.P.; BERNOUX, M.; SAINT-ANDRE, L.; GONÇALVES, J.L.M.; CERRI, C.C.; PICCOLO, M.C.; RANGER, J. Influence of land use (savanna, pasture, Eucalyptus plantations) on soil carbon and nitrogen stocks in Brazil. **European Journal of Soil science**, Oxford, V. 59, p. 863-877, 2008.

MENGEL, K. Turnover of organic nitrogen in soils and its availability to crops. **Plant Soil**, The Hague, 181:83-93, 1996.

MONTERO, L.L. **Carbono em solos de cerrado: efeitos do uso florestal.** 117f. Tese (Doutorado em Ciências, na área de Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2008.

MARY, B.; RECOUS, S.; DARWIS, D.; ROBIN, D. Interaction between decomposition of plant residues and nitrogen and nitrogen cycling in soil. **Plant Soil**, The Hague, 181:71-82, 1996.

PATRIK JR., W.H. Nitrogen transformations in submerged soils. In: STEVENSON, F.J., ed. **Nitrogen in agricultural soils**. Madison, ASA, CSSA, SSSA, 1982. p.449-466.

PULITO, A.P. **Resposta à fertilização nitrogenada e estoque de nitrogênio biodisponível em solos usados para plantações de Eucalyptus**. 58p. Dissertação, (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

SHIMIZU, J.Y.; MAIOCHI, R.A. Criptoméria como espécies alternativa para produção de madeira no Paraná. **Pesquisa Florestal**. Colombo, v. 54, p. 63-70, 2007.

SILVA, L. S.; RHODEN, A. C.; POCOJESKI, E.; CAMARGO, F. O. A.; BENEDETTI, E. Modelos matemáticos para a estimativa do potencial de mineralização anaeróbia do nitrogênio em solos de várzea do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1513-1520, 2008.

SPRENT, J.I. **The ecology of the nitrogen cycle**. Cambridge studies in ecology, Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

SERRANO, M. I. P.; GONÇALVES, J.L.M. Mineralização, absorção e lixiviação de nitrogênio em povoamentos de *Eucalyptus grandis* sob cultivo mínimo e intensivo do solo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, **USP**, 1997.

SORREANO, M.C.M.; RODRIGUES, R.R.; BOARETTO, A.E. **Guia de nutrição para espécies florestais nativas**. Ed. Oficinas de texto. São Paulo, 2012. 254p.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry. Genesis, composition, reactions**. 2.ed. New York, John Wiley, 496p., 1994.

STANFORD, G.; SMITH, S.J. Nitrogen mineralization potentials of soil. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 36, p. 465-472, 1972.

THENG, B.K.G.; TATE, K.R.; SOLLINS, P. Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (Eds.). **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Hawaii, NifTAL Project, p.5-32, 1989.

VAHL, L. C. Fertilidade de solos de várzea. In: GOMES, A. S.; PAULETTO, E. A. (Ed.). **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 119-162.

VILLELA, D. M; PROCTOR, J. Mineralização de nitrogênio e nitrificação nos solos de uma floresta monodominante na Amazônia, Ilha de Maracá, RR, Brasil. **Geochimic Brasiliensis**, v. 10(2). p. 335-345, 1996.

CAPÍTULO D: CARACTERIZAÇÃO ESPECTROSCÓPICA DE ÁCIDOS HÚMICOS FORMADOS EM SOLO SOB PLANTIOS FLORESTAIS

1. INTRODUÇÃO

Como a fertilidade dos solos tropicais depende fortemente da qualidade e quantidade dos estoques orgânicos aportados ao solo, o conhecimento da reconstituição das camadas orgânicas do solo ou frações húmicas, relacionados com propriedades edáficas, traz informações relevantes para o futuro manejo das florestas e sua ciclagem de nutrientes (GARAY e KINDEL, 2001; KINDEL e GARAY, 2002).

Além de servir como ferramenta no entendimento dos processos de decomposição da matéria orgânica do solo, as substâncias húmicas (SHs) têm sido objeto de vários estudos, contemplando formas de instrumentação a procedimentos químicos para a análise de sua composição (CARVALHO *et al.*, 2004).

As SHs são destaque em muitas pesquisas para o entendimento do comportamento da matéria orgânica do solo e sua decomposição. Do ponto de vista ambiental e ecológico representam o principal reservatório de carbono no solo e ainda interagem com a atmosfera modificando a concentração de CO², dependendo do uso e manejo adotado no solo (PICCOLO, 1999). Ainda segundo este autor, estas frações da MOS apresentam tamanho coloidal e correspondem entre 80 a 90% do carbono do solo, dependendo do uso e manejo adotado, essa concentração pode variar dependendo da qualidade do material vegetativo de origem e seu manejo.

Muitos desses estudos têm focado na caracterização da maioria da matéria orgânica recalcitrante e identificando o manejo agrícola ou florestal e técnicas de cultivo que promovam o aumento de substâncias húmicas no solo (ROSELL *et al.*, 1989; OLK *et al.*, 2000; LAIRS *et al.*, 2001; MILORI *et al.*, 2002; OLENDZIK *et al.*, 2006).

A caracterização da matéria orgânica do solo, em conjunto com as substâncias húmicas (SH), é de suma importância para o entendimento de diversas relações entre o sistema solo-planta. Estes compostos orgânicos de média a elevada massa molecular são constituídos por estruturas alifáticas e aromáticas, às quais estão ligados aos mais variados grupos funcionais (STEVENSON, 1994). Quanto à caracterização, Novotny *et al.* (2006) as identifica como substâncias amorfas, de cor preta, parcialmente aromáticas, principalmente hidrofílicas e quimicamente complexas.

A quantidade e a proporção com que essas frações são encontradas nos solos têm servido como indicador de qualidade dos solos em diversos trabalhos, devido à forte interação das SHs com o material mineral do solo (FONTANA *et al.*, 2001).

As SHs são divididas em ácidos húmicos, fúlvicos e humina, de acordo com a solubilidade em bases e ácidos. Os ácidos fúlvicos (AF) são solúveis em toda a faixa de pH, altamente funcionalizados, contendo cadeias carbônicas aromáticas e alifáticas. Em comparação com outras frações, os AF contêm, proporcionalmente, maior quantidade de grupos ácidos carboxílicos e fenólicos. A humina (HU) é insolúvel em toda a faixa de pH. Das SHs é dita ser a mais estável devido a fortes associações com substâncias minerais, sendo também importante como adsorvente de agrotóxicos no ambiente.

Os ácidos húmicos (AH), fração das SHs abordada nesse trabalho, são solúveis em pH básico e estão entre as SHs mais estudadas por terem importantes funções no ambiente e atividades na agricultura, como a de formarem complexos com metais pesados e nutrientes de plantas, adsorverem agrotóxicos e atuarem no tamponamento do solo (STEVENSON, 1982).

A extração de substâncias húmicas do solo através da solubilidade ácido-base (processo de extração padrão IHSS – International Humic Substances Society) tem sido criticada por produzir artefatos e produtos diferentes da matéria orgânica original. Uma alternativa é utilizar a metodologia desenvolvida por Cozzolino *et al.*, (2001), que utiliza como solução extratora

uma mistura de NaOH 1 mol L⁻¹ e Na₄P₂O₇ 0,25 mol L⁻¹. Este tratamento salifica os grupos ácidos e, então, as bases conjugadas solubilizam-se em água. Após a extração, a adição de HCl é utilizada para neutralizar as cargas e protonar as bases conjugadas.

A análise da natureza química e caracterização dos ácidos húmicos se prestam a avaliar a qualidade da matéria orgânica do solo, por se tratar da fração principal das substâncias húmicas e em razão da fração de ácido húmico regular vários processos do solo (LABRADOR, 1996; CANELLAS et al., 2000; ROVIRA et al., 2002).

Análises espectroscópicas têm sido utilizadas nos estudos dessas substâncias húmicas para determinar o grau de humificação e condensação das moléculas húmicas, bem como identificar grupos funcionais (ácidos carboxílicos, aminas, amidas, estruturas alifáticas e aromáticas, etc) (PAIM *et al.*, 1990), destacando-se a espectroscopia de ressonância paramagnética eletrônica (EPR) e de Infravermelho com transformada de Fourier (FTIR).

A técnica de FTIR permite analisar a natureza química, a reatividade e o arranjo estrutural de grupos funcionais contendo O e a eficiência do processo de purificação da amostra de AH quanto à contaminantes como argila, sais e metais (STEVENSON, 1982).

Segundo Ferreira (2006), a técnica de EPR permite a caracterização de sistemas com um ou mais elétrons desemparelhados. Esta técnica é usada no estudo das substâncias húmicas para identificar e quantificar radicais livres orgânicos estáveis, principalmente em estruturas de semiquinonas, e metais de transição. As semiquinonas podem ser produzidas pela redução de quinonas ou por oxidação de orto ou para-difenóis. Uma das importantes características dos ácidos húmicos é a presença de radicais livres orgânicos estáveis em sua estrutura (MARTIN-NETO *et al.*, 1991). Essas técnicas podem auxiliar no entendimento do processo de decomposição e humificação dessas substâncias.

Assim, os ácidos húmicos de solos são estudados sob diferentes sistemas de manejo, sob florestas nativas, comparando-se sistemas convencionais com conservacionistas, focados na manutenção ou melhoria da qualidade dos solos (PÉREZ *et al.*, 2004; TATZBER *et al.*, 2008). Dessa forma, ressalta-se a importância de estudos que caracterizem essas SHs e avaliem as contribuições da vegetação para a formação e estruturação da matéria orgânica do solo e consequentemente do ácido húmico (AH).

2. OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi caracterizar espectroscopicamente o ácido húmico extraído em solos sob diferentes plantios florestais.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar os ácidos húmicos do solo sob cada espécie florestal estudada.
- Avaliar os teores de carbono e nitrogênio no ácido húmico em duas camadas superficiais do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 AMOSTRAS DE SOLOS

Foram coletados solo nas profundidades 0-5 e 5-10 cm de cada tratamento para a extração dos ácidos húmicos (AH) nos diversos plantios florestais já detalhados no Capítulo A.

As substâncias húmicas foram extraídas segundo a metodologia ácido-base adaptada de Cozzolino *et al.* (2001), recomendada pela IHSS – International Humic Substances Society.

3.2 EXTRAÇÃO DOS ÁCIDOS HÚMICOS

Ao solo seco e peneirado (200 g) foram adicionados 500 mL de solução 1 mol L⁻¹ de NaOH e 500 mL de solução 0,1 mol L⁻¹ de Na⁴P₂O₇, que em seguida ficaram 24 horas sob agitação em frasco fechado. Este material foi centrifugado durante 30 minutos a 5.000 rpm. O precipitado (humina) foi

neutralizado com ácido clorídrico e guardado em câmara fria. O sobrenadante foi filtrado em lã de vidro, e o pH deste baixado entre 1,0 e 2,0 com HCl concentrado, e posto em repouso por 24 horas (acidificação).

O ácido fúlvico, em solução, foi separado do ácido húmico precipitado, por sifonamento e também reservado em câmara fria. Ao ácido húmico precipitado foram adicionados 3 L de água destilada e deionizada e pastilhas de NaOH até alcançar pH 12, e novamente adicionado HCl concentrado até pH entre 1,0 e 2,0. Após sedimentação por mais 24 horas, o líquido sobrenadante foi separado do ácido húmico novamente por sifonamento. Este procedimento de purificação do ácido húmico foi realizado 3 vezes (Figura 20).



Figura 20. Processo de acidificação realizado para purificação do AH de solos florestais.

Ao precipitado (ácido húmico) centrifugado por 15 minutos, a 5000 rpm, adicionou-se 1 L de água destilada e deionizada com 48 mL de HF (40 %, v/v) e 2,5 mL de HCl (37 %, v/v), que ficou novamente sob agitação por 48 horas.

O precipitado foi centrifugado novamente por 15 minutos, a 5.000 RPM, dialisado em tubo de diálise de 14.000 Da de tamanho de poro, até teste negativo para cloreto com nitrato de prata, e seco em liofilizador.

3.3 CARACTERIZAÇÃO ESPECTROCÓPICAS DOS AHs

Os ácidos húmicos foram caracterizados por espectroscopia na região do infravermelho médio com transformada de Fourier (FTIR) e espectroscopia

de ressonância paramagnética eletrônica (EPR). Os espectros de EPR foram registrados em temperatura ambiente, em espectrômetro Bruker EMX, operando em banda X (9,5 GHz), empregando 100 KHz de frequência e 2G de amplitude de modulação. Para as medidas de FTIR foram utilizadas pastilhas de KBr (99 mg de KBr para 1 mg da amostra) e os espectros foram registrados em um espectrômetro Bomem MB Série 100, na região de 4000 a 400 cm^{-1} , com 32 varreduras e resolução de 2 cm^{-1} .

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os espectros de EPR, para o campo magnético de 5000G e de 2600 a 3800G, dos AH extraídos para os tratamentos na profundidade de 0 – 5 cm estão mostrados na Figura 21.

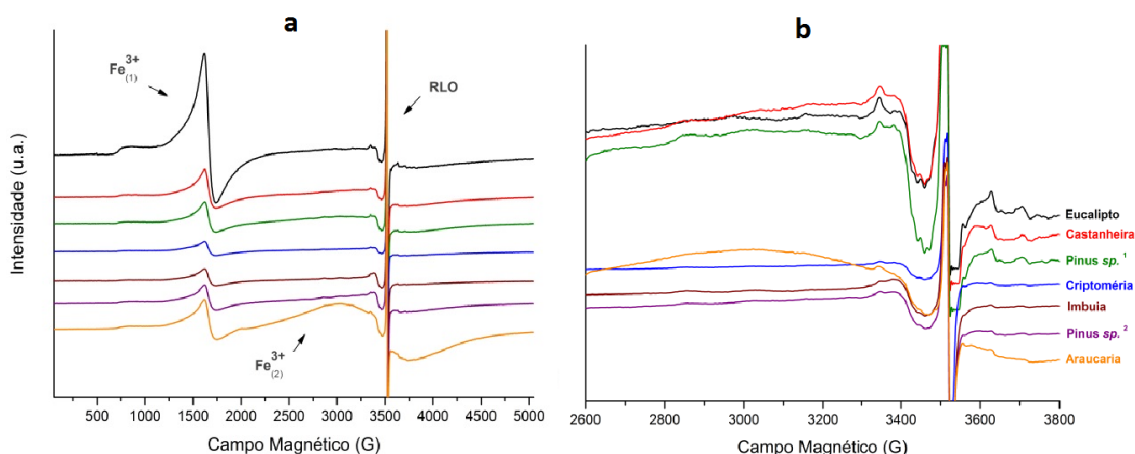


Figura 21 (a) Espectros de EPR 500- 5000 G e (b) 2600-3800 G dos AH nos diferentes tratamentos para os solos em profundidade 0-5 cm. $\text{Fe}^{3+}_{(1)}$ refere-se ao Fe^{3+} em domínios diluídos e $\text{Fe}^{3+}_{(2)}$, ao presente em domínios concentrados.

Em todas as amostras analisadas pode-se observar a linha estreita de radical livre orgânico (RLO ~ 3500G). Verificou-se também a presença de Fe^{3+} em domínios diluídos e concentrados, representados pela linha com centro aproximado em 1500G e pela linha larga com centro em 2750 G, respectivamente (LOMBARDI *et al.*, 2002). O Fe^{3+} em domínios concentrados pode ser observado com maior intensidade no ácido húmico formado sob o

plântio de araucária (T7), devido à característica da espécie e ao efeito na serapilheira do solo, fator esse observado também por Blum (2010) em AH extraído de solo sob plântio de araucária na Floresta Nacional de Irati. O espectro com campo magnético de 2600 a 3800G evidencia a presença de Cu^{2+} em todas as amostras, sendo mais facilmente identificado nos tratamentos 1 (eucalipto), 2 (castanha) e 3 (pinus I).

Os espectros dos campos magnéticos de 5000G e de 2600 a 3800G para os tratamentos na profundidade de 5 – 10 cm foram muito semelhantes aos de profundidade 0 - 5 cm e por isso não foram mostrados.

Na Figura 22, o detalhamento do Tratamento 1 foi feito para demonstrar a interação do Cu^{2+} -O devido a presença de 4 linhas entre 2700 e 3300G.

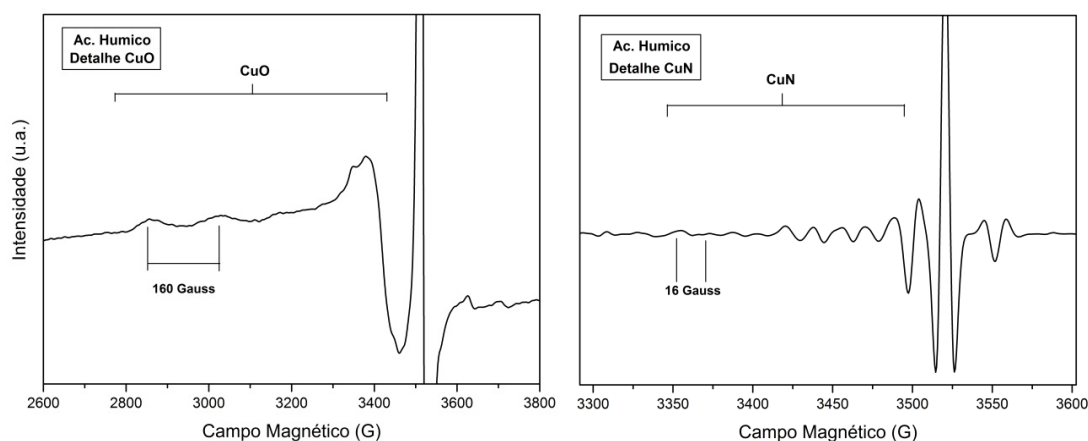


Figura 22 Espectros de EPR de AH do solo do tratamento 1, correspondente ao Eucalipto, detalhando a interação do Cu^{2+} -O e Cu^{2+} -N.

Pode-se observar também a interação do Cu^{2+} -N, devido a presença de 9 linhas entre 3300 e 3460 G, no espectro de EPR em 2ª derivada (SENESI, 1990). Em termos agrônômicos e florestais, a formação de complexos de campos de ligantes fraco e forte com Cu^{2+} pode significar que este elemento apresenta-se disponibilizado às plantas de uma forma mais lábil quando ligado aos oxigênios e também poderá ser uma fonte de Cu^{2+} em longo prazo quando

ligado ao nitrogênio (PEREIRA, 2000). Isso foi observado nos ácidos húmicos extraídos dos solos sob todas as espécies contempladas neste trabalho.

A Tabela 5 apresenta os parâmetros de EPR: densidade de spins (spins g^{-1}), fator g e largura de linha (ΔH_{PP}). Os valores do fator g $\sim 2,0035$ para a maior parte das amostras analisadas, indicam a presença do RLO a meia distância de átomos de oxigênio e carbono, pertencentes a cadeias de anéis aromáticos (MANGRICH *et al*, 2013). Todas as amostras apresentaram densidades de spin semelhantes, com teores de RLO relativamente altos de 10^{17} spins g^{-1} (SENESE E SCHNITZER, 1997).

Tabela 5. Parâmetros de número de spin/ g calculado através de espectros de EPR dos AH extraídos dos solos florestais.

Amostra	ΔH_{PP} (G)	fator-g	spin/g
Profundidade 0-5cm			
T1	4,69	2,0035	$1,5 \times 10^{17}$
T2	4,43	2,0035	$2,9 \times 10^{17}$
T3	4,47	2,0035	$3,0 \times 10^{17}$
T4	4,30	2,0035	$2,9 \times 10^{17}$
T5	4,48	2,0035	$3,7 \times 10^{17}$
T6	4,48	2,0034	$1,9 \times 10^{17}$
T7	4,64	2,0033	$6,8 \times 10^{16}$
Profundidade 5-10cm			
T1	4,30	2,0035	$3,23 \times 10^{17}$
T2	4,38	2,0035	$5,43 \times 10^{17}$
T3	4,34	2,0034	$2,63 \times 10^{17}$
T4	4,43	2,0034	$3,65 \times 10^{17}$
T5	4,64	2,0035	$4,78 \times 10^{17}$
T6	4,37	2,0033	$2,75 \times 10^{17}$
T7	4,75	2,0033	$1,27 \times 10^{17}$

Os espectros de FTIR dos AH nos diferentes tratamentos e profundidades estão mostrados na Figura 23.

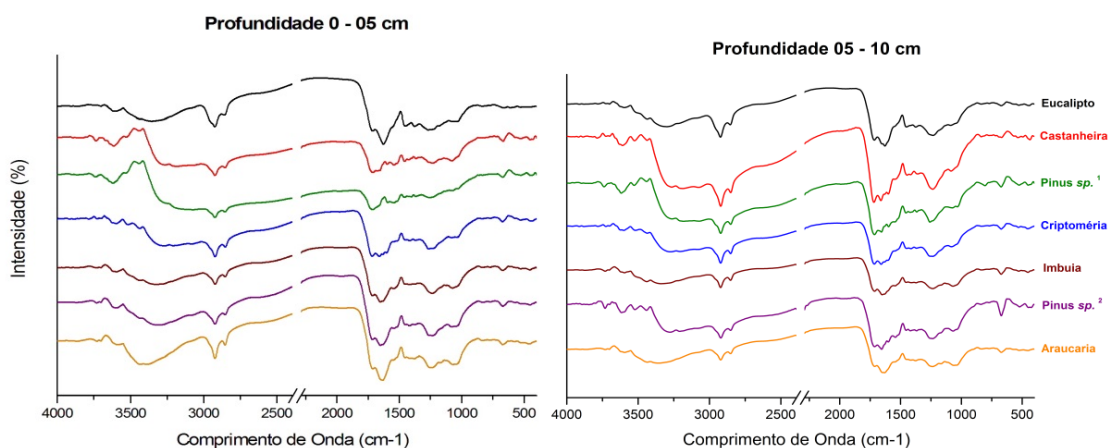


Figura 23. Espectros de FTIR dos AH nos diferentes tratamentos, nas profundidades de 0 a 5 cm e de 5 a 10 cm.

Podem-se constatar semelhanças entre os espectros de todos os tratamentos, sem mudanças significativas nas bandas características dos AH. Verifica-se a presença de bandas largas próximas a 3400 cm^{-1} associadas ao estiramento OH (ν OH) de grupos fenol ou da H_2O ; observam-se também picos localizados em 2930 e 2850 cm^{-1} atribuídos ao estiramento assimétrico e simétrico, respectivamente, de CH alifático; e picos em 1735 - 1700 cm^{-1} relacionados ao ν C=O de ésteres e cetonas (Pérez *et al.*, 2004). O pico localizado em 1650 cm^{-1} pode ser associado às vibrações estruturais de grupos COO^- e em 1230 cm^{-1} ao ν C-O de carboidratos, alcoóis e ésteres. Pode-se observar, em todos os espectros, os picos característicos da caulinita entre 3700 - 3600 cm^{-1} e, em baixa intensidade, os picos atribuídos às vibrações Si-O, localizados em 1305 cm^{-1} , provenientes de impurezas de argilas que não foram completamente removidas durante o processo de purificação (POLAK *et al.*, 2005).

A Tabela 6 mostra os teores de nitrogênio e carbono dos ácidos húmicos extraídos dos solos sob as diferentes espécies estudadas.

Tabela 6. Teores de nitrogênio, carbono e relação C/N de ácidos húmicos extraídos de solos sob diferentes plantios florestais.

	N %		C %		C/N	
	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm
Eucalipto	2,35	3,08	56,38	54,56	23,98	17,74
Castanha	3,80	4,07	52,79	52,35	13,90	12,85
Pinus I	3,74	4,09	50,59	50,91	13,51	12,43
Criptomeria	3,67	3,98	50,65	51,93	13,81	13,06
Imbuia	4,89	4,60	49,66	49,26	10,16	10,70
Pinus II	4,11	4,16	49,79	50,51	12,10	12,14
Araucaria	3,95	4,13	49,11	49,04	12,43	11,88

Os teores de carbono do AHs não apresentaram diferenças da profundidade 0-5 para a 5-10 cm para todas as espécies, isso foi verificado por Rosa *et al.* (2013) em solos alagados e com diferentes sistemas de cultivo, podendo supor que mesmo em condições anaeróbicas ou aeróbicas o C do ácido húmico é estável e resistente ao processo de humificação.

Para o nitrogênio notou-se um acréscimo em profundidade. Isso pode ser explicado pela maior ação microbiana na camada mais superficial do solo, também a maior exposição do ácido húmico às intempéries climáticas na superfície e ainda a sua maior fragilidade aos agentes decompositores. Adicionalmente observa-se diferenças nos teores de N entre as espécies. O ácido húmico extraído do solo sob plantio de Imbuia apresentou valores de nitrogênio altos e de carbono baixos, consequentemente implicando em uma relação C/N mais baixa, indicando que mesmo a matéria orgânica do solo mais recalcitrante, como o AH do solo sob essa espécie, é mais suscetível à decomposição, ou seja, menos estável comparativamente às demais espécies envolvidas neste estudo. O oposto foi observado para as amostras de solo coletadas sob eucalipto, que apresentaram valores mais elevados da relação C/N. Isso corrobora com dados de C/N da serapilheira e de nitrogênio mineralizado, abordadas nos demais capítulos deste trabalho.

As correlações são expressas na Tabela 7 e mostram que existe correlação significativa e positiva entre o nitrogênio mineralizado (Nmin)

(Capítulo C) e o nitrogênio total dos AHs (N_{ah}) e correlação negativa entre o N_{min} e a relação C/N dos AHs (C/N_{ah}).

Tabela 7. Correlações entre o nitrogênio mineralizado (N_{min}) e o nitrogênio total (N_{ah}) e relação C/N (C/N_{ah}) dos ácidos húmicos de solos florestais.

	N _{min}	N _{min}	N _{min}
	inverno 2012	verão 2013	inverno 2013
N_{ah}	0,62	0,74*	0,74*
C/N_{ah}	-0,71*	-0,74*	-0,72*

* correlação significativa a 5%, $p > 0,70$; N_{min}: nitrogênio mineralizado; N_{ah}: nitrogênio total de ácidos húmicos; C/N_{ah}: relação C/N de ácidos húmicos.

5. CONCLUSÕES

Os ácidos húmicos formados em solos sob as espécies florestais contempladas neste trabalho não diferem qualitativamente quanto a sua estruturação, podendo-se ressaltar apenas a maior quantidade de Fe³⁺ em domínio concentrado em ácido húmico formado em solo sob plantio de *Araucaria angustifolia*.

As características químicas dos ácidos húmicos indicam que a MOS mais recalcitrante mantém uma configuração parecida com a MOS mais lábil e que as espécies florestais estão influenciando nessas características. Destacam-se o *Eucalyptus saligna* apresentando AH do solo com maiores teores de carbono que as demais espécies e a *Ocotea porosa* com teores menores de carbono, corroborando com resultados de carbono na serapilheira acumulada dessas espécies.

Existe alta correlação entre o nitrogênio mineralizado (N_{min}) e os teores de nitrogênio e relação C/N dos ácidos húmicos extraídos dos solos florestais.

6. LITERATURA CITADA

BLUM, H. **Ácidos húmicos de solos em diferentes formações florestais na floresta nacional de Irati**, PR.49 p. Dissertação. (Mestrado em Ciências

Florestais). Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná. Irati-PR, 2010.

CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A.; RUMJANEK, V.M.; MORAES, A.A.; GURIDI, F. Avaliação de características de ácidos húmicos de resíduos sólidos urbanos I. Métodos espectroscópicos (IV, UV e RMN ¹³C) e microscopia eletrônica de varredura. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:741-750, 2000.

CARVALHO, A.M.X.; VALE, H.M.M.; FERREIRA, E.M.; CORDERO, A.F.P.; BARROS, N.F.; COSTA, M.D. Atividade microbiana de solo e serapilheira em áreas povoadas com *Pinus elliottii* e *Terminalia ivorensis*. **Revista Bras. Ciência do Solo**, v.32, p.2709-2716, 2008.

COZZOLINO, A.; CONTE, P.; PICCOLO, A. Conformational changes of humic substances induced by some hydroxy, keto, and sulfonic acids. **Soil Biol. Biochem.**, 33:563-571, 2001.

FERREIRA, A. R.; **Caracterização Química e Espectroscópica de Ácidos Húmicos e Sedimentos retirados da Baía de Guaratuba-PR e Avaliação do nível de poluição ambiental**. 114 f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2006.

FONTANA, A.; NASCIMENTO, G. B.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; EBELING, A. G. Matéria orgânica em solos de Tabuleiros na região norte fluminense (RJ). UFRRJ, **Revista Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p.114-119. 2001.

LABRADOR, J. **La matéria orgânica em los agroecosistemas**. Madrid, Ministério da Agricultura, Pesca y Alimentación, 1996. 174p.

LAIRD, D.A.; MARTENS, D.A. & KINGERY, W.L. Nature of clay-humic complexes in an agricultural soil : I. Chemical, biochemical, and spectroscopic analyses. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 65:1413-1418, 2001.

LOMBARDI, K. C.; GUIMARÃES, J.L.; MANGRICH, A.S.; MATTOSO, N.; ABBATE, M.; SCHREINER, V.H., WYPYCH, F. Structural and morphological characterization of the PP0559 kaolinite from the brazilian amazon region. **Journal of Brazilian Chemical Society**, v.13, n. 2, p. 270-275, 2002.

MANGRICH, A. S., ANGELO L. C., MANTOVANI K. M. Biochar Produced from Chemical Oxidation of Charcoal. **Functions of Natural Organic Matter in Changing Environment**, Springer Netherlands, XXXII, 1149 p, 2013.

MARTIN-NETO, L.; NASCIMENTO, O.R.; TALAMONI, J., POPPI, N.R. EPR of micronutrients-humics substances complexes extracted from a brazilian soil. **Soil Sci.** 51, p369-376, 1991.

MILORI, D.M.B.P.; MARTIN-NETO, L.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. & BAGNATO, V.S. Humification degree of soil humic acids determined by fluorescence spectroscopy. **Soil Sci.**, 167:739-749, 2001.

NOVOTNY, E. H.; KNICKER, L.A.C.; MARTIN-NETO, L. Effect of residual vanadyl on the spectroscopic analysis of humic acids. **Organic Geochemistry**, v. 37, n. 11, p. 1562-1572, 2006.

OLENDZIK, R. N. **Caracterização das Interações de Substâncias Húmicas com a matéria inorgânica em solos de cultivo de arroz irrigado: contribuição à aquisição de dados essenciais para avaliação global do sequestro de carbono no solo.** 153 f. Tese (Doutorado em Química). Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2006.

OLK, D.C.; BRUNETTI, G. & SENESI, N. Decrease in humification of organic matter with intensified lowland rice cropping: A wet chemical and spectroscopic investigation. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.64, p. 1337-1347, 2000.

PAIM, S. et al. Characterization of fungal melanins and soil humic acids by chemical analysis and infrared spectroscopy. **Biology and Fertility of Soils**, v.10, p.72-76, 1990.

PEREIRA, B. F. **Caracterização Química, Térmica e Espectroscópica de Húmus produzidos na Região de Curitiba – PR.** 98f. Dissertação (Mestrado em Ciências do solo). Departamento de Ciência do Solo. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

PEREZ, M.G.; MARTIN-NETO, L.; SAAB, S.C., NOVOTNY, E.H., MILORI, D.M.B.P.; BAGNATO, V.S.; COLNAGO, L.A.; MELO, W.J.; KNICKER, H. Characterization of humic acids from a Brazilian Oxisol under different tillage systems by EPR, ¹³C NMR, FTIR and fluorescence spectroscopy. **Geoderma**, 118, p. 181-190, 2004.

PICCOLO, A. Atmospheric CO₂ and alteration of Global Climate. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 3., 1999, Santa Maria. **Resumos...** Santa Maria: Imprensa Universitária, 1999. 145 p.

POLAK, J.; SULKOWSKI, W.W.; BARTOSZEK, M.; PAPIEZ, W. Spectroscopic studies of the progress of humification processes in humic acid extracted from sewage sludge. **Journal of Molecular Structure**, p. 983-989, 2005.

ROSELL, R.A.; ANDRIULO, A.E.; SCHNITZER, M.; CRESPO, M.B. & MIGLIERINA, A.M. Humic acids properties of an Agriudoll soil under 2 tillage systems. **Sci. Total Environ.**, v. 81 p. 391-400, 1989.

ROVIRA, S.P.A.; BRUNETTI, G.; POLO, A. & SENESI, N. Comparative chemical and spectroscopic characterization of humic acids from sewage sludges and sludge-amended soils. **Soil Sci.**, 167:235-245, 2002.

SENESI, N. Applications of electron spin resonance (ESR) spectroscopy in soil chemistry. **Advances in Soil Science**, v. 14, p. 77-130, 1990.

SENESI, N., SCHNITZER, M. Effects of pH, reaction-time, chemical reduction and irradiation on ESR spectra of fulvic acid. **Soil Science**, v. 123, n. 4, p. 224-234, 1997.

SILVERSTEIN, R.; WEBSTER, F.; KIEMLE, D. **Spectrometric Identification of Organic Compounds**. 4th Edn., John Wiley and Sons, 510p., UK, 2005.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry. Genesis, composition, reactions**. 2.ed. New York, John Wiley, 496p., 1994.

STEVENSON, F. J. **Biochemistry of the formation of humic substances**. In: Humus Chemistry. John Wiley, New York, 1982, p. 195-219.

TATZBER, M.; STEMMER, M.; SPIEGEL, H.; KATZLBERGER, C.; HABERHAUER, G.; GERZABEK, M.H. Impact of different tillage practices on molecular characteristics of humic acids in a long-term field experiment – An application of three different spectroscopic methods. **Science of the Total Environment**, Elsevier, vol.406. 2008, p. 256-268.

APÊNDICES

APENDICE 1. ANOVA – COMPARAÇÃO DA FITOMASSA TOTAL ENTRE AS ÉPOCAS DE COLETAS PARA CADA ESPÉCIE

ANOVA one way Eucalipto inverno/verão/inverno

Multiple Range Tests for Fitomassa by EUCALIPTO

Method: 95,0 percent Tukey HSD				
EUCALIPTO	Count	Mean	Homogeneous Groups	

1	5	61,624	X	
3	5	169,854	X	
2	5	179,146	X	

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	*-117,522	74,353
1 - 3	*-108,23	74,353
2 - 3	9,292	74,353

* denotes a statistically significant difference.

VARIANCE check

Levene's test: 0,428914 P-Value = 0,660818

ANOVA one way – CASTANHA inverno/verão/inverno

Multiple Range Tests for Fitomassa by CASTANHA

Method: 95,0 percent Tukey HSD

TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups
1	5	77,54	X
2	5	101,388	X
3	5	110,608	X

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	-23,848	40,2509
1 - 3	-33,068	40,2509
2 - 3	-9,22	40,2509

* denotes a statistically significant difference.

VARIANCE CHECK

Levene's test: 1,93465 P-Value = 0,186957

ANOVA one way – PINUS (T3) inverno/verão/inverno

Multiple Range Tests for Fitomassa by PINUS T3

Method: 95,0 percent Tukey HSD				
TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups	
1	5	138,856	X	
2	5	179,164	XX	
3	5	238,008	X	
Contrast			Difference	+/- Limits
1 - 2			-40,308	63,8403
1 - 3			*-99,152	63,8403
2 - 3			-58,844	63,8403

* denotes a statistically significant difference.

VARIANCE CHECK

Levene's test: 0,656348 P-Value = 0,536403

ANOVA one way – CRIPTOMERIA inverno/verão/inverno

Multiple Range Tests for Fitomassa by CRIPTOMERIA

Method: 95,0 percent Tukey HSD				
TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups	
1	5	74,916	X	
3	5	108,694	X	
2	5	124,49	X	
Contrast		Difference	+/-	Limits

1 - 2	-49,574	62,2386
1 - 3	-33,778	62,2386
2 - 3	15,796	62,2386

* denotes a statistically significant difference.

VARIANCE CHECK

Levene's test: 0,170625 P-Value = 0,845148

ANOVA one way – IMBUIA inverno/verão/inverno

Multiple Range Tests for Fitomassa by IMBUIA

Method: 95,0 percent Tukey HSD				
TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups	
1	5	46,256	X	
2	5	51,05	X	
3	5	54,274	X	
Contrast	Difference		+/- Limits	
1 - 2	-4,794		29,2101	
1 - 3	-8,018		29,2101	
2 - 3	-3,224		29,2101	

* denotes a statistically significant difference.

VARIANCE CHECK

Levene's test: 0,017102 P-Value = 0,983067

ANOVA one way –PINUS (T6) inverno/verão/inverno

Multiple Range Tests for Fitomassa by PINUS T6

Method: 95,0 percent Tukey HSD				
TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups	
1	5	113,204	X	
2	5	144,814	X	
3	5	161,896	X	
Contrast				
		Difference	+/- Limits	
1 - 2		-31,61	74,7469	
1 - 3		-48,692	74,7469	
2 - 3		-17,082	74,7469	

* denotes a statistically significant difference.

VARIANCE CHECK

Levene's test: 1,18192 P-Value = 0,339988

ANOVA one way –ARAUCARIA inverno/verão/inverno

Multiple Range Tests for Fitomassa by ARAUCARIA

Method: 95,0 percent Tukey HSD				
TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups	
2	5	130,434	X	
3	5	158,13	X	
1	5	169,614	X	
Contrast				
		Difference	+/- Limits	
1 - 2		39,18	102,492	

1 - 3	11,484	102,492
2 - 3	-27,696	102,492

* denotes a statistically significant difference.

VARIANCE CHECK

Levene's test: 1,32549 P-Value = 0,301917

APENDICE 2. ANOVA – COMPARAÇÃO DA FITOMASSA DAS FRAÇÕES ENTRE AS ESPÉCIES

INVERNO 2012

FRAÇÃO L

Multiple Range Tests for L by TRATAMENTO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups
------------	-------	------	--------------------

1	5	2,856	X
5	5	7,706	X
2	5	11,658	XX
4	5	13,372	XX
7	5	16,992	XX
6	5	25,216	X
3	5	28,032	X

VARIANCE CHECK

Levene's test: 1,703 P-Value = 0,157236

FRAÇÃO F

Multiple Range Tests for F by TRATAMENTO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups
------------	-------	------	--------------------

1	5	10,314	X
5	5	14,354	X
2	5	21,734	XX
6	5	37,288	XX
3	5	38,06	XX
4	5	38,952	XX
7	5	45,39	X

VARIANCE CHECK

Levene's test: 1,20001 P-Value = 0,335289

FRAÇÃO M

Method: 95,0 percent Tukey HSD

TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups
------------	-------	------	--------------------

2	5	6,596	X
5	5	9,512	X
4	5	9,726	X
1	5	18,542	X
6	5	21,386	X
3	5	23,804	X
7	5	61,03	X

VARIANCE CHECK

Levene's test: 1,76853 P-Value = 0,142131

FRAÇÃO G

Multiple Range Tests for G by TRATAMENTO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups
------------	-------	------	--------------------

4	5	12,426	X
5	5	14,448	X
6	5	27,654	XX
7	5	28,294	XX
1	5	29,256	XX
2	5	37,004	XX
3	5	48,664	X

VARIANCE CHECK

Levene's test: 0,276153 P-Value = 0,94344

FITOMASSA TOTAL

Multiple Range Tests for Fitomassa by TRATAMENTO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups
------------	-------	------	--------------------

5	5	46,256	X
1	5	61,624	XX
4	5	74,916	XX
2	5	77,54	XXX
6	5	113,204	XXX
3	5	138,856	XX
7	5	169,614	X

VARIANCE CHECK

Levene's test: 0,922888 P-Value = 0,493602

VERÃO 2013

FRAÇÃO L

Multiple Range Tests for L by TRATAMENTO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups
------------	-------	------	--------------------

5	5	2,766	X
2	5	2,776	X
1	5	4,358	XX
4	5	13,552	XX
7	5	17,23	XX
6	5	29,85	XX
3	5	40,61	X

VARIANCE CHECK

Levene's test: 2,88482 P-Value = 0,0956765

FRAÇÃO F

Multiple Range Tests for F by TRATAMENTO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups
------------	-------	------	--------------------

5	5	17,37	X
2	5	21,546	X
1	5	24,032	X
4	5	25,586	X
7	5	30,72	XX
6	5	43,456	XX
3	5	56,948	X

VARIANCE CHECK

Levene's test: 1,05412 P-Value = 0,412758

FRAÇÃO M

Multiple Range Tests for M by TRATAMENTO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups

5	5	13,098	X
2	5	17,898	X
6	5	24,776	XX
3	5	25,954	XX
7	5	55,66	X
4	5	61,052	XX
1	5	93,244	X

VARIANCE CHECK

Levene's test: 1,58463 P-Value = 0,18855

FRAÇÃO G

Multiple Range Tests for G by TRATAMENTO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups

7	5	15,242	X
5	5	15,984	X
4	5	20,824	X
6	5	46,732	X
1	5	51,472	X
3	5	55,652	X
2	5	55,796	X

VARIANCE CHECK

Levene's test: 0,622305 P-Value = 0,710845

FITOMASSA TOTAL

Multiple Range Tests for Fitomassa by TRATAMENTO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups
------------	-------	------	--------------------

5	5	51,05	X
2	5	101,388	XX
4	5	124,49	XX
7	5	130,434	XX
6	5	144,814	XX
1	5	179,146	X
3	5	179,164	X

VARIANCE CHECK

Levene's test: 0,424424 P-Value = 0,856389

INVERNO 2013**FRAÇÃO L**

Multiple Range Tests for L by TRATAMENTO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups
------------	-------	------	--------------------

5	5	4,358	X
1	5	5,04	X
2	5	7,218	X
4	5	9,634	X
7	5	12,972	X
6	5	35,852	X
3	5	47,364	X

VARIANCE CHECK

Levene's test: 1,68145 P-Value = 0,162536

FRAÇÃO F

Multiple Range Tests for F by TRATAMENTO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups
------------	-------	------	--------------------

5	5	14,752	X
1	5	23,254	X
4	5	31,432	XX
2	5	32,494	XX
6	5	32,66	XX
7	5	38,564	XX
3	5	55,906	X

VARIANCE CHECK

Levene's test: 2,28638 P-Value = 0,0638259

FRAÇÃO M

Multiple Range Tests for M by TRATAMENTO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups
------------	-------	------	--------------------

5	5	19,602	X
2	5	25,366	X
6	5	30,542	X
4	5	45,652	XX
3	5	58,33	XX
7	5	65,242	XX
1	5	83,614	X

VARIANCE CHECK

Levene's test: 0,801186 P-Value = 0,577303

FRAÇÃO G

Multiple Range Tests for G by TRATAMENTO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups
------------	-------	------	--------------------

5	5	13,174	X
7	5	13,538	X
4	5	19,572	XX
2	5	40,312	XXX
1	5	50,116	XXX
6	5	61,596	XX
3	5	73,082	X

VARIANCE CHECK

Levene's test: 1,91289 P-Value = 0,113703

FITOMASSA TOTAL

Multiple Range Tests for Fitomassa by TRATAMENTO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

TRATAMENTO	Count	Mean	Homogeneous Groups
------------	-------	------	--------------------

5	5	54,274	X
4	5	108,694	XX
2	5	110,608	XX
7	5	158,13	XXX
6	5	161,896	XX
1	5	169,854	XX
3	5	238,008	X

VARIANCE CHECK

Levene's test: 1,0998 P-Value = 0,387092

APENDICE 3. ANÁLISES DE COMPONENTES PRINCIPAIS POR FRAÇÃO DA SERAPILHEIRA.

FRAÇÃO L

***** PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS -- LINHAS in COLUNAS space *****

PC-ORD, 6.0

11 Dec 2013, 11:40:34

Randomization test requested. 999 runs.

3467 = Seed for random number generator.

PCA FRAÇÃO L

VARIANCE EXTRACTED, FIRST 7 AXES

Broken-stick				
AXIS	Eigenvalue	% of Variance	Cum.% of Var.	Eigenvalue

1	2.840	40.567	40.567	2.593
2	1.914	27.340	67.907	1.593
3	0.886	12.663	80.570	1.093
4	0.635	9.065	89.635	0.760
5	0.399	5.705	95.340	0.510
6	0.269	3.839	99.179	0.310
7	0.057	0.821	100.000	0.143

FIRST 6 EIGENVECTORS, scaled to unit length.

These can be used as coordinates in a distance-based biplot, where the distances among objects approximate their Euclidean distances.

Eigenvector						
COLUNAS	1	2	3	4	5	6

Ca g/kg	0.0559	0.6139	0.2530	-0.1657	-0.6611	0.2742
Mg g/kg	0.1414	0.5512	0.4446	-0.1711	0.6167	-0.2400
P g/kg	0.3747	0.2168	-0.0387	0.8937	0.0306	0.1024
K g/kg	0.4953	-0.0030	-0.3001	-0.3116	0.2789	0.6968
N(%)	0.5603	-0.1093	-0.0493	-0.1385	-0.0644	-0.3911
C(%)	-0.0348	0.4612	-0.7857	-0.0954	-0.0336	-0.3571
C/N	-0.5253	0.2184	-0.1644	0.1385	0.3141	0.3012

FIRST 6 EIGENVECTORS, each scaled to its standard deviation

These are sometimes called V vectors, and, when applied to PCA of a correlation matrix, are the same as the correlation coefficient between scores for rows in the main matrix and the column variables.

COLUNAS	Eigenvector					
	1	2	3	4	5	6
Ca g/kg	0.0942	0.8493	0.2382	-0.1320	-0.4177	0.1422
Mg g/kg	0.2383	0.7625	0.4186	-0.1363	0.3897	-0.1244
P g/kg	0.6314	0.2999	-0.0364	0.7119	0.0193	0.0531
K g/kg	0.8347	-0.0042	-0.2825	-0.2482	0.1763	0.3612
N(%)	0.9442	-0.1511	-0.0464	-0.1103	-0.0407	-0.2027
C(%)	-0.0587	0.6380	-0.7398	-0.0760	-0.0212	-0.1851
C/N	-0.8852	0.3021	-0.1548	0.1103	0.1985	0.1561

COORDINATES (SCORES) OF LINHAS

LINHAS	Axis (Component)					
	1	2	3	4	5	6

1 Inv12T1	-0.8219	-1.2303	-0.7120	-0.5346	-0.3405	-0.5163
2 Inv12T1	-0.5543	-0.4941	-0.7062	-1.0892	-0.1347	0.2154
3 Inv12T1	0.1057	0.0393	-1.1441	-0.6006	0.1023	0.8058
4 Inv12T1	0.0124	0.0216	-0.6636	-1.5230	0.3047	1.0754
5 Inv12T1	2.3703	2.3356	-0.4401	-0.1946	-0.2532	1.4286
6 Inv12T2	-0.8367	-0.0033	0.5082	-1.2664	0.6952	-0.3151
7 Inv12T2	-1.2501	0.3962	0.5928	-0.9181	0.7133	0.0239
8 Inv12T2	-0.2359	-0.1042	0.5047	-1.1175	0.5901	-0.1905
9 Inv12T2	-0.5806	-0.1078	0.5840	-1.1106	0.3068	-0.3545
10 Inv12T2	-1.0017	0.0127	0.5465	-1.1887	0.4633	-0.3210
11 Inv12T3	-2.5133	0.1202	-1.5219	0.3561	0.8221	0.2102
12 Inv12T3	-1.2118	-1.0779	-0.7062	0.5643	0.0347	-0.4380
13 Inv12T3	-1.5192	-1.1958	-0.3186	1.1775	0.2369	0.2573
14 Inv12T3	-0.3364	-1.2147	-0.5169	1.4209	0.1907	0.0931
15 Inv12T3	-0.9185	-1.6440	0.8246	1.4967	0.4732	1.1122
16 Inv12T4	-0.4168	1.2194	1.1906	0.2320	-0.6024	0.1564
17 Inv12T4	-0.6922	1.5282	1.0023	-0.0750	-1.1429	0.3048
18 Inv12T4	-0.8490	2.7313	1.4031	-0.3764	-2.0643	0.7154
19 Inv12T4	-0.5176	1.3226	0.2763	-0.2545	-0.3684	0.7543
20 Inv12T4	-0.3833	2.3328	0.9415	-0.4782	-1.9127	0.0762
21 Inv12T5	3.8141	-0.7435	-0.4995	-0.0620	-0.0293	-0.2172
22 Inv12T5	2.9355	-0.4312	-0.1759	-0.5803	0.0879	-0.3046
23 Inv12T5	4.2244	-0.5154	-0.8264	-0.3267	0.2752	-0.1100
24 Inv12T5	4.1248	-0.2458	-1.0480	-0.3706	0.4092	-0.1041
25 Inv12T5	2.7908	-0.8757	-0.1832	-0.3600	0.0740	-0.3742
26 Inv12T6	-1.7670	-1.5115	-0.5268	0.2703	-0.0285	-0.0586
27 Inv12T6	-1.4149	-1.7726	-0.2263	0.3746	0.0551	0.2589
28 Inv12T6	-1.0305	-1.8452	0.2354	0.5257	-0.0611	0.1359
29 Inv12T6	-0.6789	-0.9523	-0.2978	0.6884	0.1877	0.1319

30 Inv12T6	-1.6085	-1.7246	0.4712	0.3190	0.1585	0.4841
31 Inv12T7	-0.0292	2.3002	0.0558	0.3696	-0.1102	-0.1133
32 Inv12T7	-0.5388	-0.0302	0.5439	0.1978	0.2113	0.3879
33 Inv12T7	1.6223	-0.9201	1.5257	1.6781	-0.1897	-0.3267
34 Inv12T7	0.4135	0.2729	-0.1409	0.2321	-0.2099	-0.8201
35 Inv12T7	-0.8705	-0.4827	0.6463	0.4790	-0.0705	0.0303
36 Ver13T1	-0.8528	0.8207	-1.7596	-0.3674	-0.1887	-0.0797
37 Ver13T1	-0.8234	0.8019	-0.9577	-0.4455	-0.7409	0.0481
38 Ver13T1	-0.4692	0.9649	-1.5896	-0.1997	-0.5162	-0.0944
39 Ver13T1	-0.6868	0.2419	-0.6786	-0.1916	-0.3855	0.4201
40 Ver13T1	0.2703	0.0490	0.0528	-0.0796	-0.4697	0.7044
41 Ver13T2	2.5948	-1.0054	1.7452	0.3980	0.5557	0.3947
42 Ver13T2	0.6605	-0.9540	1.2533	-0.0951	-0.0839	0.0085
43 Ver13T2	1.6231	-1.1513	1.0813	-0.7580	0.3471	-0.0630
44 Ver13T2	0.8826	0.0159	2.3766	-0.6837	1.1423	-0.2228
45 Ver13T2	0.4458	-0.7979	1.0471	-0.6494	0.1940	0.2849
46 Ver13T3	-1.4915	-1.5083	-0.6684	0.1745	0.3710	0.4626
47 Ver13T3	-1.3618	-1.9669	0.0176	0.3667	0.1265	0.2720
48 Ver13T3	0.1430	-0.6909	-0.4515	0.7143	0.0762	-0.6592
49 Ver13T3	-0.7798	-1.4872	-0.5382	0.4127	-0.0511	-0.5048
50 Ver13T3	-1.1437	-1.6783	-0.3376	0.2918	0.0744	-0.0602
51 Ver13T4	-1.3262	2.3818	-0.5210	-0.3260	-0.0211	-0.2161
52 Ver13T4	0.2908	1.5318	0.6054	0.7506	-0.9513	0.1569
53 Ver13T4	0.0382	2.2997	1.1365	0.6101	-1.7488	0.4516
54 Ver13T4	0.3733	2.3169	-0.0689	1.2142	-1.2866	0.1533
55 Ver13T4	0.2822	1.4748	-0.0631	-0.1679	-1.3318	-0.5790
56 Ver13T5	2.3078	0.0220	-0.8250	-0.7502	-0.3329	-0.8578
57 Ver13T5	1.7648	-2.6240	2.8607	0.0115	-0.2207	0.4515
58 Ver13T5	2.5645	-1.0611	0.3666	-0.7414	-0.3524	-1.4401
59 Ver13T5	2.2008	-1.2690	0.0815	-0.4059	-0.5590	-1.2867

60 Ver13T5	1.5063	-1.6131	0.0303	-0.8641	-0.1693	-0.8360
61 Ver13T6	-1.0084	-2.0631	0.3257	0.3534	0.3874	0.8087
62 Ver13T6	0.0486	-1.2185	-1.1701	-0.1037	0.2701	0.2179
63 Ver13T6	-0.3241	-1.5125	-0.5049	0.2706	-0.3273	-0.5682
64 Ver13T6	-1.2114	-2.0839	0.1137	0.3162	-0.0243	0.4365
65 Ver13T6	-1.3088	-1.8388	-0.4209	0.3200	-0.1130	0.1118
66 Ver13T7	0.6689	0.6518	-0.8201	0.3283	-0.1494	-0.4840
67 Ver13T7	-0.0392	-1.0811	0.9792	0.4578	-0.3453	-0.4255
68 Ver13T7	0.8064	-0.3453	1.2761	0.6924	0.0904	0.0079
69 Ver13T7	0.5115	0.1850	0.4465	0.6322	-0.4969	-0.7068
70 Ver13T7	1.8728	0.2763	1.4519	1.1446	-0.1781	0.0330
71 Inv13T1	0.1964	0.3118	-0.5269	-0.6361	-0.5461	0.2854
72 Inv13T1	-0.5910	0.1554	-0.5302	-1.0836	-0.7502	-0.0483
73 Inv13T1	-0.7239	0.4786	-0.6112	-1.2180	-0.5742	-0.2962
74 Inv13T1	-0.5968	0.0991	-0.5681	-1.2761	-0.6696	0.2322
75 Inv13T1	1.9132	0.2926	-1.9333	-0.6978	-0.4399	1.5177
76 Inv13T2	-1.9428	1.0035	1.3416	-1.3835	0.9653	0.3671
77 Inv13T2	-1.0328	0.7668	1.2371	-1.5108	0.5581	-0.2547
78 Inv13T2	-0.7520	1.4443	0.7938	-1.8346	1.1861	0.1037
79 Inv13T2	-1.1561	0.6706	1.4461	-1.5517	0.4885	-0.2584
80 Inv13T2	-1.0342	1.1490	1.0017	-1.6761	0.8300	-0.1670
81 Inv13T3	-2.4119	-1.9435	0.4398	0.1067	0.0135	0.5802
82 Inv13T3	-1.0242	-0.9088	-0.6240	0.3779	-0.1148	-0.5417
83 Inv13T3	-1.8477	-1.3287	-0.4729	-0.2633	-0.2296	-0.3109
84 Inv13T3	-1.5979	-0.4547	-1.7457	-0.1731	-0.1891	-0.6319
85 Inv13T3	-1.3358	-1.4317	-0.3787	0.3114	-0.2646	-0.1746
86 Inv13T4	-3.2542	3.7678	-1.7913	0.8293	1.5917	0.0022
87 Inv13T4	-1.3968	1.7076	0.4047	0.2284	0.5892	-0.1500
88 Inv13T4	-0.7076	2.8467	-0.6109	0.7914	0.8659	-0.7656
89 Inv13T4	-2.1178	2.6854	0.4702	0.4790	1.4809	-0.0106

90 Inv13T4	-1.9145	2.4041	-0.2168	0.5350	0.9186	-0.0159
91 Inv13T5	4.7787	0.4473	-1.3713	0.2491	0.7975	1.1941
92 Inv13T5	2.6743	0.6337	0.0492	-0.6829	0.3464	-0.0378
93 Inv13T5	4.0020	0.2600	-1.1059	0.3777	0.5888	0.4610
94 Inv13T5	4.4953	0.2366	-1.4156	0.7418	0.7967	0.6214
95 Inv13T5	3.6776	0.8355	-0.3420	0.0150	0.2792	0.2310
96 Inv13T6	-1.3855	-2.2581	1.0901	0.4311	-0.2844	0.5646
97 Inv13T6	-0.9990	-0.8822	-1.2106	-0.1087	-0.1849	-0.4189
98 Inv13T6	-1.8268	-0.7885	-1.0480	0.2037	-0.2495	-0.1559
99 Inv13T6	-1.3974	-0.6994	-0.6884	0.8206	-0.4411	0.0447
100 Inv13T6	-1.4705	-1.0850	-0.6274	-0.0142	-0.5981	-0.1930
101 Inv13T7	0.6113	2.3639	-0.4267	1.4329	0.4774	-1.0093
102 Inv13T7	-0.1371	1.0438	-0.0917	1.1956	-0.2096	-0.1433
103 Inv13T7	0.6903	1.7898	0.6463	1.3513	0.4374	-0.8141
104 Inv13T7	-0.3925	0.7615	0.7354	0.7883	-0.0174	-0.0543
105 Inv13T7	1.1415	2.0307	1.6098	2.2588	1.0875	-0.1865

FRAÇÃO F

***** PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS -- colunas in linhas space *****

PC-ORD, 6.0

11 Dec 2013, 11:15:05

Randomization test requested. 999 runs.

544 = Seed for random number generator.

pca FRAÇÃO F

Cross-products matrix contains CORRELATION COEFFICIENTS among linhas

VARIANCE EXTRACTED, FIRST 7 AXES

Broken-stick

AXIS Eigenvalue % of Variance Cum.% of Var. Eigenvalue

1	2.601	37.161	37.161	2.593
2	2.146	30.651	67.811	1.593
3	0.969	13.848	81.660	1.093
4	0.585	8.364	90.024	0.760
5	0.414	5.907	95.931	0.510
6	0.237	3.381	99.312	0.310
7	0.048	0.688	100.000	0.143

FIRST 6 EIGENVECTORS, scaled to unit length.

These can be used as coordinates in a distance-based biplot, where the distances among objects approximate their Euclidean distances.

	Eigenvector					
linhas	1	2	3	4	5	6
Ca g/kg	0.2148	0.5570	-0.0125	0.3153	-0.3951	0.6213
Mg g/kg	0.3210	0.4586	0.2325	0.4542	0.1940	-0.6230
P g/kg	0.2585	0.0296	-0.8857	0.1284	0.3610	0.0305
K g/kg	0.4885	-0.0301	0.3791	-0.2422	0.6358	0.3921
N(%)	0.5486	-0.2171	-0.0386	-0.2050	-0.3851	-0.1833
C(%)	0.0821	0.5357	-0.1265	-0.7538	-0.1273	-0.1907
C/N	-0.4874	0.3789	-0.0069	-0.0943	0.3274	0.0342

FIRST 6 EIGENVECTORS, each scaled to its standard deviation

These are sometimes called V vectors, and, when applied to PCA of a correlation matrix, are the same as the correlation coefficient between scores for rows in the main matrix and the column variables.

Eigenvector						
linhas	1	2	3	4	5	6
Ca g/kg	0.3465	0.8158	-0.0123	0.2413	-0.2541	0.3023
Mg g/kg	0.5178	0.6718	0.2289	0.3475	0.1248	-0.3031
P g/kg	0.4169	0.0434	-0.8721	0.0983	0.2321	0.0148
K g/kg	0.7880	-0.0441	0.3733	-0.1853	0.4088	0.1908
N(%)	0.8849	-0.3180	-0.0380	-0.1569	-0.2477	-0.0892
C(%)	0.1324	0.7846	-0.1245	-0.5768	-0.0819	-0.0928
C/N	-0.7861	0.5550	-0.0068	-0.0721	0.2106	0.0166

COORDINATES (SCORES) OF colunas

Axis (Component)						
colunas	1	2	3	4	5	6
1 Inv12T1	0.1916	1.4909	0.1840	-0.3790	0.3453	0.5881
2 Inv12T1	-0.8556	0.6811	0.2738	0.1156	0.3843	1.0128
3 Inv12T1	0.9396	0.8954	0.4808	-0.8838	1.1169	1.0283
4 Inv12T1	0.3531	0.8868	-0.0641	-0.0990	0.0495	0.4739
5 Inv12T1	0.2788	0.7892	0.3169	-0.5122	0.3477	0.6635
6 Inv12T2	1.6761	1.1637	1.8125	-0.1921	1.4746	0.0753
7 Inv12T2	0.0100	0.3072	1.2986	0.4472	0.1449	-0.7850
8 Inv12T2	1.0541	0.3640	0.9533	0.0444	0.5654	-0.5823
9 Inv12T2	0.4451	0.5356	1.1875	0.3893	0.1455	-0.5267
10 Inv12T2	1.4656	0.0614	0.4287	0.0383	0.0712	-0.7252
11 Inv12T3	-2.6986	-1.1990	0.7429	2.0589	1.1736	-0.3125
12 Inv12T3	-1.8529	-1.1895	-0.0328	-0.1687	0.4517	0.0638
13 Inv12T3	-2.2706	-0.8431	-0.4360	-0.6913	0.8958	0.2103

14 Inv12T3	-1.6938	-0.0939	-0.5107	-1.3235	0.7616	-0.1297
15 Inv12T3	-2.7151	-1.7617	0.0125	1.0353	0.5568	0.1969
16 Inv12T4	0.0021	0.5910	-0.9496	0.0993	-1.0819	-0.2791
17 Inv12T4	-0.3585	1.2121	0.0423	0.9942	-0.4719	0.6527
18 Inv12T4	0.6051	2.1008	-0.6097	1.6609	-1.9587	1.2743
19 Inv12T4	-0.2964	2.2496	0.1329	1.2510	-1.0943	1.0447
20 Inv12T4	-1.2406	0.4878	0.1190	1.6120	-0.9784	0.8139
21 Inv12T5	1.8386	-3.1017	0.6078	1.0129	0.0022	0.6708
22 Inv12T5	3.9067	-0.5589	-0.7329	-0.4925	-0.4458	-0.2341
23 Inv12T5	2.4975	-2.0342	-0.0571	0.1411	-0.8186	-0.0552
24 Inv12T5	3.7456	-1.5661	0.1243	-0.3511	0.0973	0.3257
25 Inv12T5	1.4194	-2.3976	0.8290	0.3917	-0.4944	0.2481
26 Inv12T6	-2.5368	-0.5754	0.4455	-1.1236	-0.1749	-0.1803
27 Inv12T6	-2.3642	-1.1756	0.5291	-0.5265	-0.0238	0.0508
28 Inv12T6	-1.8861	-0.4195	0.1506	-0.9556	0.0916	-0.1611
29 Inv12T6	-0.4211	-1.2356	-0.0774	0.0676	0.7541	0.0462
30 Inv12T6	-0.3154	-1.2574	-0.6292	-0.5394	0.3503	0.1021
31 Inv12T7	0.7455	0.9829	-1.2227	0.9974	0.0424	0.0346
32 Inv12T7	-0.3345	0.3063	-0.9249	0.0622	0.0352	-0.2722
33 Inv12T7	-0.4082	-2.5214	-0.5708	0.2211	-0.5295	-0.2781
34 Inv12T7	0.4444	-0.4720	-1.0856	0.5710	-0.1373	-0.3357
35 Inv12T7	-0.4569	-1.0823	-0.7089	0.7378	0.0962	-0.2198
36 Ver13T1	-0.5916	0.6060	0.4333	-0.7040	0.7363	0.5577
37 Ver13T1	0.1027	1.1156	0.2032	-0.9134	-0.3640	0.1132
38 Ver13T1	0.0705	1.2806	0.3076	-1.4123	0.4940	0.6311
39 Ver13T1	0.4192	1.1281	0.0871	-0.7231	0.6986	0.5191
40 Ver13T1	1.1794	0.4565	-0.0747	-0.3532	0.6686	0.7188
41 Ver13T2	1.6181	-0.1464	0.3365	0.3809	0.4588	-0.2669
42 Ver13T2	0.6048	-1.0685	0.8688	0.9472	0.3703	0.1293
43 Ver13T2	0.3418	-0.2269	0.6812	-0.1175	0.1290	-0.2937

44 Ver13T2	0.4845	-0.8472	0.6890	-0.0433	0.3050	-0.0280
45 Ver13T2	-0.1752	-1.0310	0.9358	1.0086	0.4918	0.1398
46 Ver13T3	-1.8254	-0.9596	0.0529	-0.8357	0.6691	0.0987
47 Ver13T3	-1.6656	-0.8533	-0.5090	-1.2862	-0.0137	-0.2559
48 Ver13T3	-1.2781	-1.1796	-0.0787	-0.1372	-0.0592	-0.4133
49 Ver13T3	-2.2499	-1.9297	0.1360	0.6683	0.1174	-0.0101
50 Ver13T3	-2.0807	-1.3564	-0.2937	-0.4694	-0.0692	-0.1781
51 Ver13T4	-0.2553	2.8497	0.0156	0.3227	-0.5966	0.4587
52 Ver13T4	-0.2459	3.5639	-0.5027	-1.2156	-1.2847	0.3930
53 Ver13T4	-0.3633	2.6962	-0.5767	0.9070	-1.1058	0.8127
54 Ver13T4	0.2050	1.7382	-0.7239	-0.5861	-1.1854	0.1593
55 Ver13T4	-0.5720	2.2272	0.1126	-0.3186	-0.8753	-0.0092
56 Ver13T5	2.9720	-1.2600	1.0424	-0.9420	-1.0315	-0.3465
57 Ver13T5	0.8707	-2.6190	0.6664	0.7751	-1.0641	-0.1578
58 Ver13T5	3.3373	-1.2579	-0.2037	-0.5570	-0.3198	-0.5332
59 Ver13T5	3.1530	-1.6321	-0.5262	-1.0735	-1.1537	-0.5029
60 Ver13T5	1.8905	-2.4314	0.9601	0.7360	-0.2377	-0.0009
61 Ver13T6	-1.8220	-1.7224	0.2573	0.2042	0.3980	0.1336
62 Ver13T6	-0.4994	-1.4008	0.0131	-0.4515	-0.1100	-0.0367
63 Ver13T6	-1.1765	-1.4145	0.2761	-0.4590	-0.2227	-0.0675
64 Ver13T6	-1.2588	-2.4430	0.3530	0.3530	-0.1358	0.2631
65 Ver13T6	-2.1161	-2.8184	0.5180	0.9072	-0.3777	0.3281
66 Ver13T7	1.6378	-1.1888	0.1554	0.8937	1.4674	0.7712
67 Ver13T7	0.3486	0.0491	-0.9447	-0.3805	-0.3270	-0.4381
68 Ver13T7	-0.6412	0.6063	-0.7101	1.0155	0.3009	0.4526
69 Ver13T7	0.2858	-0.8339	-0.1601	0.1390	-0.2398	-0.2515
70 Ver13T7	-0.6104	0.5376	-0.4772	0.9145	-0.1759	0.1249
71 Inv13T1	0.5102	1.3763	0.8780	-0.7890	0.6524	0.5041
72 Inv13T1	-0.8429	0.8283	1.5331	-0.0431	0.0380	0.6510
73 Inv13T1	0.9004	1.5516	0.0991	-0.1468	0.5295	-0.2382

74 Inv13T1	0.7997	1.0036	-0.1304	-0.1782	0.4087	0.2429
75 Inv13T1	0.4500	0.8818	0.6136	-0.6771	0.2737	0.6323
76 Inv13T2	0.3987	1.7056	2.1071	0.3537	0.2266	-0.7437
77 Inv13T2	0.8327	0.5010	1.4825	0.7450	-0.2564	-0.5186
78 Inv13T2	1.2251	1.1520	1.8605	0.0557	0.7998	-0.2961
79 Inv13T2	0.0721	1.2460	2.4942	1.1077	-0.3446	-0.8983
80 Inv13T2	0.8308	1.4490	1.6253	0.5697	-0.1237	-0.9042
81 Inv13T3	-2.6091	-0.5856	-0.2174	-0.9527	-0.3591	-0.1144
82 Inv13T3	-1.0433	-1.0338	-1.0470	-0.4125	-0.3509	-0.1978
83 Inv13T3	-2.4003	-1.1189	0.1815	-0.4293	-0.6236	-0.0462
84 Inv13T3	-1.6298	-0.7284	-0.4442	-1.4896	-0.5652	-0.3443
85 Inv13T3	-1.8150	-0.8377	-0.5272	-1.1030	-0.7741	-0.2369
86 Inv13T4	-2.5820	3.4054	0.5032	0.0693	0.6294	-0.7657
87 Inv13T4	-1.6144	2.5559	-0.4516	0.1675	0.3351	-0.5582
88 Inv13T4	-1.4884	2.6140	1.8848	-0.6573	-0.8037	-0.8513
89 Inv13T4	-0.9655	2.4345	-1.4388	0.7029	0.7100	-0.6950
90 Inv13T4	-0.6118	2.5688	-2.0188	0.0558	0.8916	-0.4843
91 Inv13T5	1.4847	-1.2420	0.7185	0.3086	-0.1248	0.3311
92 Inv13T5	2.5298	-0.3318	-0.6042	-0.1520	-0.4466	-0.0824
93 Inv13T5	3.2491	0.3285	-0.0711	-0.3116	0.4531	0.0885
94 Inv13T5	4.1484	-0.0686	-1.2138	-1.2787	0.1084	-0.0042
95 Inv13T5	3.8232	0.0318	-0.3338	-1.0403	0.9381	0.6046
96 Inv13T6	-0.5318	-1.2026	-2.1668	-0.2745	-0.0760	-0.1253
97 Inv13T6	-0.5705	-0.3779	-1.6299	-0.2589	0.2647	-0.3046
98 Inv13T6	-0.9379	-0.5924	-1.4587	-0.5328	-0.3900	0.0916
99 Inv13T6	-2.0394	-0.5991	0.3998	-0.0401	-0.2156	0.4526
100 Inv13T6	-1.7744	-1.1291	-0.6736	-0.1681	-0.2133	0.2683
101 Inv13T7	-0.1636	1.4121	2.0969	-0.1862	-1.2919	-0.9351
102 Inv13T7	-0.2758	1.3316	-1.9309	0.3966	0.4676	-0.1781
103 Inv13T7	0.3116	-0.3511	-2.0664	0.6998	-0.3776	-0.1178

104 Inv13T7	1.1166	1.0263	-2.3948	1.0744	0.2981	-0.7890
105 Inv13T7	2.2050	0.9398	-3.0382	1.9101	1.2119	-0.9515

FRAÇÃO G

* PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS -- LINHAS in COLUNAS space *****

PC-ORD, 6.0

11 Dec 2013, 11:36:05

Randomization test requested. 999 runs.

532 = Seed for random number generator.

PCA FRAÇÃO G

Cross-products matrix contains CORRELATION COEFFICIENTS among COLUNAS

VARIANCE EXTRACTED, FIRST 7 AXES

Broken-stick				
AXIS	Eigenvalue	% of Variance	Cum.% of Var.	Eigenvalue
1	3.260	46.568	46.568	2.593
2	1.465	20.930	67.498	1.593
3	0.917	13.104	80.602	1.093
4	0.659	9.410	90.012	0.760
5	0.421	6.014	96.027	0.510
6	0.249	3.557	99.584	0.310
7	0.029	0.416	100.000	0.143

FIRST 6 EIGENVECTORS, scaled to unit length.

These can be used as coordinates in a distance-based biplot,
where the distances among objects approximate their Euclidean
distances.

		Eigenvector					
COLUNAS		1	2	3	4	5	6

Ca g/kg	0.1736	-0.6810	0.0068	0.4823	-0.1350	0.4956	
Mg g/kg	0.4133	-0.3489	0.3513	0.1458	0.0277	-0.7419	
P g/kg	0.4262	0.1146	0.3640	-0.1592	0.7250	0.3407	
K g/kg	0.3944	0.1669	0.4249	-0.3574	-0.6687	0.2370	
N(%)	0.4444	-0.0363	-0.5855	-0.1871	-0.0022	-0.1417	
C(%)	-0.1746	-0.5976	-0.0840	-0.7461	0.0825	0.0298	
C/N	-0.4836	-0.1231	0.4623	-0.0367	0.0370	-0.1036	

FIRST 6 EIGENVECTORS, each scaled to its standard deviation

These are sometimes called V vectors, and, when applied to PCA of a correlation matrix, are the same as the correlation coefficient between scores for rows in the main matrix and the column variables.

		Eigenvector					
COLUNAS		1	2	3	4	5	6

Ca g/kg	0.3134	-0.8243	0.0065	0.3914	-0.0876	0.2473	
Mg g/kg	0.7462	-0.4223	0.3364	0.1183	0.0179	-0.3702	
P g/kg	0.7695	0.1387	0.3486	-0.1292	0.4704	0.1700	
K g/kg	0.7121	0.2020	0.4069	-0.2901	-0.4339	0.1182	
N(%)	0.8024	-0.0440	-0.5607	-0.1519	-0.0014	-0.0707	
C(%)	-0.3152	-0.7233	-0.0805	-0.6056	0.0535	0.0149	
C/N	-0.8731	-0.1490	0.4427	-0.0298	0.0240	-0.0517	

COORDINATES (SCORES) OF LINHAS

Axis (Component)						
LINHAS	1	2	3	4	5	6

1 Inv12T1	0.4912	-1.1656	-0.1172	0.1021	-0.2010	0.7687
2 Inv12T1	-0.4373	0.6164	0.4369	0.0942	-0.6709	0.5422
3 Inv12T1	0.5769	-0.9749	-0.3455	0.8956	-0.1236	0.3162
4 Inv12T1	0.6660	-0.9273	-0.0861	0.4292	-0.0997	0.0975
5 Inv12T1	0.8763	-1.2513	0.6805	0.7537	0.3353	0.9622
6 Inv12T2	3.4727	1.9414	1.3828	-0.1277	-1.1633	-0.3355
7 Inv12T2	0.5265	3.6109	0.1625	2.4394	-0.0877	-0.1802
8 Inv12T2	1.4403	-0.0982	1.0531	-0.1667	-0.0121	-0.6054
9 Inv12T2	1.9846	0.2695	0.7514	0.3674	-0.1625	-0.1148
10 Inv12T2	2.4698	0.5947	-0.1325	-0.6650	-0.1183	-0.3598
11 Inv12T3	-0.3071	1.2119	-0.0616	-0.4571	0.4362	0.3358
12 Inv12T3	-1.6337	0.9035	0.6904	-0.4878	0.7394	0.1373
13 Inv12T3	-1.8971	0.6576	-0.1408	-0.4634	0.2744	-0.0165
14 Inv12T3	-1.1946	0.3020	-0.4418	-0.6357	-0.1931	-0.0934
15 Inv12T3	-0.3901	1.5216	-0.5147	-0.3834	0.2496	0.2297
16 Inv12T4	-0.1609	-0.6654	0.3070	2.1636	0.0123	-0.0053
17 Inv12T4	-2.3631	-1.8193	0.5708	-1.0784	0.2922	-0.3182
18 Inv12T4	-1.8955	-1.2909	0.4503	0.1337	0.2586	0.1175
19 Inv12T4	-0.5469	-2.6380	2.2313	1.7157	-0.6663	-0.6859
20 Inv12T4	-2.1945	-0.3037	1.4579	-0.6234	0.6836	-2.1677
21 Inv12T5	0.4477	0.0579	-1.8511	-0.2809	-0.0204	-0.2282
22 Inv12T5	0.1365	-0.0605	-1.8912	-0.4754	0.0549	-0.1407
23 Inv12T5	1.5158	0.0047	-1.7296	-0.4823	-0.0268	-0.4842
24 Inv12T5	2.3566	0.0754	-1.2885	-0.6191	0.3280	-0.2388
25 Inv12T5	1.9612	-0.2777	-1.7364	-0.5279	0.3934	-0.1263
26 Inv12T6	0.1401	3.9919	-1.6075	3.1227	-0.0341	-0.1134

27 Inv12T6	-1.6179	2.4645	-0.0288	1.6945	-0.1518	0.0491
28 Inv12T6	-2.2858	0.8294	0.6930	0.0880	0.5090	-0.2139
29 Inv12T6	-1.3488	0.6651	0.1848	-0.3357	0.4457	0.1085
30 Inv12T6	-1.2082	-0.1373	0.1552	-0.7106	0.6260	0.2750
31 Inv12T7	1.9470	0.4697	2.0380	-1.1508	-0.4901	0.3848
32 Inv12T7	0.7773	-0.1802	0.0305	-0.6532	0.8196	0.6398
33 Inv12T7	0.0092	1.1235	-0.7343	0.0421	0.9139	0.6278
34 Inv12T7	0.7408	0.0535	1.1156	-1.2353	-0.1970	-0.3934
35 Inv12T7	-1.3486	1.1418	0.0222	-0.0570	0.7938	0.3088
36 Ver13T1	-0.0072	-0.8304	0.0624	0.4068	0.0945	0.5498
37 Ver13T1	0.4126	-1.0307	0.1520	0.1273	0.2833	-0.0090
38 Ver13T1	-0.7198	-1.1051	0.3787	0.3092	-0.5892	0.1863
39 Ver13T1	-1.2138	-0.6783	1.3437	0.3292	-0.4314	-0.6340
40 Ver13T1	1.1882	0.0018	0.4761	0.0305	-0.0614	0.5927
41 Ver13T2	2.2871	1.5309	0.8302	-0.6114	-0.8725	-0.1456
42 Ver13T2	2.9948	1.3745	1.2023	-1.4151	-1.0884	0.5293
43 Ver13T2	1.2115	0.7193	-0.1396	0.0248	-0.4285	-0.7261
44 Ver13T2	2.1099	2.5665	0.8208	0.5006	-0.9366	0.0445
45 Ver13T2	1.9942	2.0916	0.3231	0.6088	-0.3879	-0.2759
46 Ver13T3	-1.5724	0.5861	0.5726	-1.3818	-0.2478	0.2122
47 Ver13T3	-2.1320	0.9888	-0.1286	-0.2038	0.1892	-0.1076
48 Ver13T3	-0.9181	0.4305	-0.4786	-0.8031	0.8752	-0.0045
49 Ver13T3	-2.3509	0.0368	0.4082	-0.5018	0.3672	-0.0393
50 Ver13T3	-2.8303	0.1423	0.6485	-1.3912	0.1918	0.1195
51 Ver13T4	-1.5429	-1.7570	0.4536	0.3865	-0.3967	-0.1217
52 Ver13T4	-1.8977	-0.4335	-0.2746	0.1540	-0.0283	-0.1568
53 Ver13T4	-2.6405	-0.8791	0.4696	-0.1905	0.0982	-0.2074
54 Ver13T4	-1.1892	-1.5193	-0.2249	0.6146	-0.3189	0.0966
55 Ver13T4	-1.6928	-0.3131	-0.5206	-0.0060	-0.2705	-0.1715
56 Ver13T5	1.6342	-1.5105	-1.2928	0.9985	-0.3604	1.0980

57 Ver13T5	1.7284	-0.2838	-1.3278	-0.1464	0.4574	-0.1160
58 Ver13T5	1.0945	-0.2355	-1.6612	-0.7950	-0.3197	-0.7206
59 Ver13T5	0.8301	0.0508	-2.7875	-0.6042	-0.3799	-0.2178
60 Ver13T5	0.6567	-0.5792	-1.2249	-0.9058	-0.4756	-0.2393
61 Ver13T6	-1.9337	1.4619	0.8091	1.1134	0.0025	-0.2241
62 Ver13T6	0.2713	0.4275	0.3883	-1.6424	-0.6795	0.3640
63 Ver13T6	-1.8911	1.6551	0.1024	0.8596	-0.2242	-0.1093
64 Ver13T6	-1.6496	1.0310	-0.2144	-0.2940	0.1845	-0.0451
65 Ver13T6	-2.6553	0.5778	0.3802	-0.7342	-0.2002	-0.0865
66 Ver13T7	2.1297	1.0195	1.5381	-1.2734	-1.6478	1.2283
67 Ver13T7	2.0163	0.2872	-0.2632	1.0964	0.8360	0.0815
68 Ver13T7	-0.3083	0.5524	0.1839	0.4701	-0.1249	-0.5900
69 Ver13T7	2.1102	0.8276	1.2707	-0.4345	-0.8961	0.9461
70 Ver13T7	0.1842	0.6474	0.3036	0.2865	0.3818	0.2715
71 Inv13T1	1.5854	-1.6548	0.6830	-0.2396	-1.2332	0.4477
72 Inv13T1	-0.3534	-1.1796	-0.0510	1.2700	-1.1360	0.3168
73 Inv13T1	2.0418	-1.5286	0.7626	0.6191	0.0152	0.0056
74 Inv13T1	1.9016	-1.7544	0.7148	0.4443	-0.0731	-0.0241
75 Inv13T1	0.7869	-1.1745	0.3783	0.5204	0.5216	1.1575
76 Inv13T2	2.7730	-0.1265	0.4958	-0.2832	-0.4031	-0.7909
77 Inv13T2	1.9287	0.3914	-0.5868	-0.5792	-0.5640	-0.4861
78 Inv13T2	2.6463	0.6393	0.2811	-0.5220	0.1375	-0.4683
79 Inv13T2	2.9727	-0.9335	0.0814	0.6493	0.7999	-1.1319
80 Inv13T2	1.8203	-0.1548	-0.5491	-0.4455	0.3653	-0.6245
81 Inv13T3	-2.6624	0.4818	-0.1238	-0.1207	0.0802	0.0361
82 Inv13T3	-1.8064	1.2654	-0.4380	-0.1354	-0.1007	-0.0810
83 Inv13T3	-2.7078	0.2706	-0.3234	-0.5527	0.0611	-0.0537
84 Inv13T3	-2.7088	-0.0085	0.6055	-0.8890	-0.4541	-0.0754
85 Inv13T3	-2.9905	0.8430	0.1123	0.2191	-0.0433	0.0054
86 Inv13T4	-2.1383	-1.8810	0.4351	0.7962	-0.2192	0.3062

87 Inv13T4	-1.1533	-2.3723	0.1968	1.1109	-0.7855	-0.6716
88 Inv13T4	-1.6375	-2.0269	0.5902	1.0326	-0.3932	0.0661
89 Inv13T4	-0.4633	-1.6309	-1.4933	0.6230	-0.5191	0.6884
90 Inv13T4	-0.7426	-1.8303	-0.7245	0.6006	-0.2918	0.5358
91 Inv13T5	1.3114	-0.8167	-1.4715	0.2498	-0.2182	-0.0456
92 Inv13T5	2.1080	-2.0363	-1.4151	0.3097	-0.2157	-0.5398
93 Inv13T5	0.4569	0.1049	-2.6639	-0.5960	0.0786	0.6220
94 Inv13T5	1.1416	-0.8348	-1.3178	-0.6291	-0.0596	-0.8371
95 Inv13T5	0.7725	-0.7940	-1.5051	-0.3992	-0.2214	-0.0498
96 Inv13T6	-2.2292	0.1765	-0.6714	0.1553	-0.2266	0.1300
97 Inv13T6	-2.4385	0.7939	0.3679	-0.0097	-0.5363	-0.4053
98 Inv13T6	-2.8955	0.1412	-0.3309	-0.5315	-0.0884	-0.0348
99 Inv13T6	-1.7381	-0.9683	-0.6808	-0.4901	-0.1051	0.3932
100 Inv13T6	-2.6595	0.7829	-0.3215	0.1671	-0.1661	-0.0703
101 Inv13T7	3.7307	-0.7776	1.5399	0.7605	2.2290	-0.0608
102 Inv13T7	-1.0975	0.1058	1.1344	-0.5513	2.2763	0.9366
103 Inv13T7	1.2874	1.2047	-0.6124	0.1966	1.7594	0.7835
104 Inv13T7	2.9850	-1.6188	1.5333	-0.6913	1.7134	-0.1474
105 Inv13T7	2.7580	0.3332	1.0819	0.5332	1.6738	-0.2842

FRAÇÃO M

***** PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS -- LINHAS in COLUNAS space *****

PC-ORD, 6.0

11 Dec 2013, 11:45:07

Randomization test requested. 999 runs.

737 = Seed for random number generator.

PCA FRAÇÃO M

Cross-products matrix contains CORRELATION COEFFICIENTS among COLUNAS

VARIANCE EXTRACTED, FIRST 7 AXES

Broken-stick				
AXIS	Eigenvalue	% of Variance	Cum.% of Var.	Eigenvalue
1	2.755	39.352	39.352	2.593
2	2.003	28.608	67.961	1.593
3	1.115	15.926	83.887	1.093
4	0.657	9.391	93.278	0.760
5	0.353	5.046	98.324	0.510
6	0.089	1.277	99.601	0.310
7	0.028	0.399	100.000	0.143

FIRST 6 EIGENVECTORS, scaled to unit length.

These can be used as coordinates in a distance-based biplot,
where the distances among objects approximate their Euclidean
distances.

Eigenvector						
COLUMNAS	1	2	3	4	5	6
Ca g/kg	-0.4837	0.1481	-0.2798	0.5216	0.1982	0.5942
Mg g/kg	-0.4795	-0.2555	-0.3453	0.2857	-0.1271	-0.6983
P g/kg	-0.4253	-0.0901	-0.2242	-0.7286	0.4766	0.0510
K g/kg	-0.0858	-0.6227	-0.1557	-0.2022	-0.6193	0.3943
N(%)	-0.4344	0.0743	0.6351	-0.0431	-0.1469	-0.0242
C(%)	-0.3729	0.4932	0.1492	-0.1893	-0.4498	-0.0031
C/N	0.1421	0.5178	-0.5499	-0.1917	-0.3316	-0.0252

FIRST 6 EIGENVECTORS, each scaled to its standard deviation

These are sometimes called V vectors, and, when applied to

PCA of a correlation matrix, are the same as the correlation coefficient between scores for rows in the main matrix and the column variables.

Eigenvector						
COLUMNAS	1	2	3	4	5	6

Ca g/kg	-0.8027	0.2096	-0.2955	0.4230	0.1178	0.1777
Mg g/kg	-0.7958	-0.3616	-0.3646	0.2317	-0.0756	-0.2088
P g/kg	-0.7058	-0.1275	-0.2367	-0.5908	0.2833	0.0153
K g/kg	-0.1424	-0.8811	-0.1644	-0.1639	-0.3681	0.1179
N(%)	-0.7210	0.1052	0.6706	-0.0350	-0.0873	-0.0072
C(%)	-0.6189	0.6980	0.1575	-0.1535	-0.2673	-0.0009
C/N	0.2358	0.7328	-0.5806	-0.1554	-0.1971	-0.0075

COORDINATES (SCORES) OF LINHAS

Axis (Component)						
LINHAS	1	2	3	4	5	6

1 Inv12T1	-2.6763	0.5543	-0.0378	0.9811	-0.1814	0.3532
2 Inv12T1	-0.1239	1.5689	0.1487	-0.0073	-0.5383	0.2557
3 Inv12T1	-1.4883	0.4979	-0.4293	-0.0899	-0.7997	0.3863
4 Inv12T1	-0.9058	1.4612	1.0477	0.3036	-0.7192	-0.0299
5 Inv12T1	-0.4326	1.1914	0.6988	0.0865	-0.9239	-0.0197
6 Inv12T2	-0.4745	-3.9947	-2.1274	-1.1434	-0.8284	-0.0576
7 Inv12T2	1.8598	-3.8587	-1.9799	-0.5555	0.3251	0.3190
8 Inv12T2	2.1271	0.3774	1.1630	0.0308	-0.4473	-0.2052
9 Inv12T2	-0.9354	-2.1371	-1.2720	-0.5100	-0.1845	-0.4332

10 Inv12T2	-0.3538	-1.2501	-0.4477	-0.8743	-0.2155	-0.4408
11 Inv12T3	1.7222	0.0310	-1.1184	0.2717	0.1577	-0.3307
12 Inv12T3	1.1783	0.5475	-1.3999	-1.4277	0.1710	-0.2419
13 Inv12T3	1.1730	0.5117	-0.4441	-1.5739	-0.2201	0.3091
14 Inv12T3	0.1402	1.1767	-0.2326	-1.2302	-1.5993	-0.1307
15 Inv12T3	-0.0063	-1.0178	0.2121	-0.8532	-0.9945	0.1355
16 Inv12T4	-0.0291	0.8572	-0.2867	0.6061	0.5782	-0.1306
17 Inv12T4	-1.0551	0.6143	-2.4804	1.9370	-0.2123	0.2519
18 Inv12T4	-1.7098	0.8017	-0.9052	1.1720	0.2112	0.4193
19 Inv12T4	0.5300	1.5610	-0.9318	0.0896	0.1677	0.1049
20 Inv12T4	0.6633	0.4539	-1.6516	0.8189	1.8282	0.5402
21 Inv12T5	-0.7697	-2.2331	0.4423	-0.2262	0.6114	0.5322
22 Inv12T5	-1.8170	-0.6794	1.6297	-0.0604	0.4137	-0.4504
23 Inv12T5	0.1003	-1.9890	0.3632	0.7513	1.2372	-0.1396
24 Inv12T5	-1.3174	-2.4599	0.4371	0.0970	-0.1499	-0.0788
25 Inv12T5	-0.0509	-2.3333	-0.2290	0.6216	0.2201	0.0936
26 Inv12T6	2.1771	1.1740	0.0926	-0.5804	0.3283	-0.0058
27 Inv12T6	2.1074	0.3369	-0.7560	-0.4018	0.1028	0.3084
28 Inv12T6	1.5025	0.3800	-0.2156	0.0094	0.0260	-0.0714
29 Inv12T6	1.9940	0.3050	-0.6188	0.0569	0.2762	-0.2836
30 Inv12T6	1.4951	0.3404	-0.2435	-0.3439	0.3368	-0.2009
31 Inv12T7	-3.2780	0.0743	-2.4869	0.0269	0.9676	-0.2886
32 Inv12T7	-1.1010	0.6952	0.1101	-0.6742	0.5205	-0.3916
33 Inv12T7	0.9366	0.3424	1.3978	-0.6861	0.6377	-0.1743
34 Inv12T7	-0.8562	-0.3788	0.4636	-0.8018	0.6545	-0.3028
35 Inv12T7	-0.5493	0.5796	1.0271	-1.0746	0.5673	-0.2498
36 Ver13T1	0.7439	0.9286	0.7356	-0.4818	0.5718	-0.1048
37 Ver13T1	-0.9708	1.1875	0.4102	-0.7169	-0.5722	-0.1887
38 Ver13T1	-0.3850	1.9756	1.0658	-1.0863	-0.7261	0.0165
39 Ver13T1	-1.0891	0.7278	0.4574	-0.6639	0.0138	0.1540

40 Ver13T1	-0.6603	0.3293	-0.7219	-0.8444	0.8825	0.1683
41 Ver13T2	-0.0445	-1.6704	-1.0412	0.3770	0.0746	-0.8125
42 Ver13T2	-2.1746	-4.5383	-2.8645	-0.1819	-1.2942	-0.2432
43 Ver13T2	0.8915	-0.3977	-0.0521	-0.9526	0.0311	-0.2630
44 Ver13T2	1.1769	-1.5410	-0.6431	-0.6166	0.8816	-0.2505
45 Ver13T2	-0.6907	-2.8956	3.8117	-0.2495	0.8621	0.1773
46 Ver13T3	1.3349	1.3803	-0.1997	-1.1835	-0.9472	0.0615
47 Ver13T3	0.5526	0.3779	0.1807	-1.6411	-0.3270	0.3498
48 Ver13T3	2.4458	-0.2038	-1.0845	0.2897	0.0438	-0.1286
49 Ver13T3	2.6199	0.9143	-1.0198	-0.0230	0.1536	-0.3464
50 Ver13T3	1.7202	0.9981	-0.1196	-0.7189	-0.4034	-0.1327
51 Ver13T4	-0.9770	1.6267	-0.3975	1.3002	0.2707	-0.6503
52 Ver13T4	-0.7040	1.6306	0.3562	0.6573	0.5372	-0.1987
53 Ver13T4	-2.1285	1.4845	-0.4339	0.5830	0.1758	0.1281
54 Ver13T4	-2.7099	2.4138	-0.3391	1.5224	0.0925	0.0744
55 Ver13T4	0.4441	1.6624	0.6207	0.5346	0.0303	-0.6564
56 Ver13T5	-0.5375	-1.4942	1.2206	0.5485	0.2772	-0.0568
57 Ver13T5	0.8440	-2.5533	-0.1706	1.5524	0.0411	0.0020
58 Ver13T5	-2.8333	-0.8759	1.9587	0.2258	-0.4400	-0.6888
59 Ver13T5	-0.5551	-0.3855	2.9105	-0.1364	-0.0519	0.0250
60 Ver13T5	-1.1523	-1.8733	1.2119	0.8707	-0.8491	-0.4391
61 Ver13T6	2.8143	-0.9569	-1.1736	0.7011	-0.6598	0.0402
62 Ver13T6	0.5555	0.6375	0.6748	-0.5504	-0.3216	0.0551
63 Ver13T6	0.7852	0.1489	-0.1833	-0.5894	-0.2620	0.1588
64 Ver13T6	1.4552	-0.7896	0.0647	-0.5122	0.0209	0.1027
65 Ver13T6	2.0222	0.5625	-0.3161	-0.4775	-0.0894	0.0972
66 Ver13T7	0.5405	-1.6959	0.7305	-0.0478	-0.8069	0.3999
67 Ver13T7	-0.3858	-0.7971	0.9069	0.3451	-0.0410	-0.2285
68 Ver13T7	2.0176	-1.3629	0.7930	0.6848	-0.3094	-0.1515
69 Ver13T7	-0.8517	-0.1586	1.0769	-0.3057	0.3386	0.0365

70 Ver13T7	0.0822	-1.1739	0.3166	0.6088	-0.2190	0.0312
71 Inv13T1	-3.5613	-0.4112	-0.4688	-1.0494	0.0001	0.5103
72 Inv13T1	-2.0973	0.5934	-0.9733	-0.4483	-0.4316	0.6717
73 Inv13T1	-2.9790	-0.2189	-1.3010	0.2890	-1.0042	-0.2781
74 Inv13T1	-3.0410	0.1769	-0.2589	-0.3795	-0.7909	0.2895
75 Inv13T1	-1.7728	1.2837	0.1246	-0.2165	-0.0073	0.7070
76 Inv13T2	3.2072	-0.1163	0.6097	0.7768	0.3453	-0.0630
77 Inv13T2	1.6911	-0.9851	0.4039	0.2899	-0.4655	0.1555
78 Inv13T2	0.0143	-1.3320	0.0558	-0.8789	-0.4276	0.0076
79 Inv13T2	2.0510	-1.3911	-0.5165	-0.2109	1.3968	0.2744
80 Inv13T2	0.1567	-0.7683	0.0081	0.3254	-0.0232	-0.0074
81 Inv13T3	3.7511	1.2509	-0.4176	1.2696	-0.2213	-0.0395
82 Inv13T3	3.4194	0.1150	-0.2186	0.8991	0.4912	0.2969
83 Inv13T3	3.0607	2.1165	0.4085	0.6912	-0.6925	-0.0606
84 Inv13T3	1.3832	1.1707	0.5212	-0.3552	0.0792	0.0801
85 Inv13T3	1.2147	1.1545	0.4269	-1.0224	0.5061	0.1281
86 Inv13T4	0.1730	0.4293	0.3226	1.2584	-0.1632	0.6405
87 Inv13T4	-1.1228	2.0490	-1.0948	1.6198	-0.2839	0.0814
88 Inv13T4	-1.6344	2.3376	-0.0991	0.2253	0.1231	-0.2368
89 Inv13T4	-2.5070	1.8669	-0.8409	0.9425	0.0572	-0.7516
90 Inv13T4	-2.1361	1.8245	-0.0906	0.0675	0.1770	0.0251
91 Inv13T5	1.6566	-1.9058	0.8619	1.7443	-0.2933	0.3521
92 Inv13T5	-0.3140	-0.9383	0.9481	2.4419	-0.4388	0.2409
93 Inv13T5	1.3743	-0.0260	2.4072	1.1042	-0.3474	0.1891
94 Inv13T5	-2.3936	-0.8082	1.7963	0.1578	-0.0998	0.2103
95 Inv13T5	-2.3451	-0.9060	1.7045	-0.5919	-0.0103	0.2418
96 Inv13T6	0.9774	2.0686	-0.1477	-0.5412	-0.3856	-0.0512
97 Inv13T6	0.5479	1.3220	-0.5040	-0.5796	-0.1057	-0.1417
98 Inv13T6	1.3346	0.5018	-0.4202	0.1548	-0.7348	0.4149
99 Inv13T6	0.9968	0.1393	-0.6844	0.5940	-0.5018	-0.1053

100 Inv13T6	0.7405	1.4033	-0.2594	-0.8434	0.4675	0.1693
101 Inv13T7	-3.2128	0.0178	-0.7801	-0.9281	1.6377	0.2496
102 Inv13T7	-2.1359	1.3032	-0.6124	-0.4925	0.7838	0.0196
103 Inv13T7	0.7176	-0.0627	1.3751	-0.7160	0.6916	-0.0785
104 Inv13T7	-1.0833	0.0611	-0.0597	0.5033	0.5936	0.0739
105 Inv13T7	-0.1043	-1.0402	0.0913	0.3322	0.7744	-0.1052
